Zeitschrift

für den

Physikalischen und Chemischen Unterricht.

Begründet unter Mitwirkung von **Ernst Mach** und **Bernhard Schwalbe.**

In Verbindung mit

A. Höfler in Wien, **O. Ohmann** und **H. Hahn** in Berlin

herausgegeben

von

F. Poske.

Sechsundzwanzigster Jahrgang.

1913.

Mit zahlreichen Textfiguren und einer astronomischen Tafel.

Berlin.
Verlag von Julius Springer
1913.

Inhalts-Übersicht.

* bedeutet „Kleine Mitteilung". Die mit kleinerer Schrift und in fortlaufendem Text aufgeführten Titel beziehen sich auf Berichte, die davorgesetzten Ziffern auf die entsprechenden Unterabteilungen der Berichte.

Allgemeines
sowie Himmelskunde und astronomische Geographie.

Physik.

1. Mechanik der drei Formarten.

2. *Schall.*

3. *Wärme.*

4. *Licht.*

Chemie.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Seite

Programm-Abhandlungen.

Mitteilungen aus Werkstätten.

Versammlungen und Vereine.

Korrespondenz.

An den Berichten haben mitgearbeitet die Herren: Adami (Hof), W. Bahrdt (Berlin-Lichterfelde), Bavink (Bielefeld), W. Biegon v. Czudnochowski (Halle-Ammendorf), C. Fischer (Berlin), M. Gebhardt (Dresden), P. Gehne (Königsberg i. Pr.), E. Gehrcke (Berlin), B. Glatzel (Berlin), Grabow (Neumünster), Hasseroth (Züllichau), Heuse (Charlottenburg), E. Hoffmann (Charlottenburg), J. Klug (Nürnberg), M. Koppe (Berlin), B. Leisering (Berlin), P. Meth (Berlin), K. Noack (Gießen), O. Ohmann (Berlin), H. Rebenstorff (Dresden), W. Roth (Greifswald), E. Schenck (Charlottenburg), J. Schiff (Breslau), K Schreber (Greifswald), P. Spies (Posen). E. Tonn (Berlin), W. Volkmann (Berlin-Steglitz), R. Winderlich (Oldenburg i. Gr.).

Zeitschrift

für den

Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XXVI. Jahrgang. **Erstes Heft.** Januar 1913.

Schülerübungen aus der Mechanik und der Wärmelehre.

Von

Dr. **W. Bahrdt** in Berlin-Lichterfelde.

In den letzten Jahren ist ein starkes Bedürfnis nach Aufgaben und Apparaten für Schülerübungen zutage getreten, das durch die Einführung dieser neuen Unterrichtsmethode an den meisten höheren Schulen bedingt ist. Die Hauptschwierigkeit, die der allgemeinen Einführung dieser Übungen, insbesondere der Übungen in gleicher Front, entgegensteht, ist bei fast allen Schulen die Geldfrage; die Anschaffung eines noch so billigen Apparates in acht- bis zehnfacher Ausführung bedeutet immerhin eine beträchtliche Ausgabe. Da nur wenige Schulen in der glücklichen Lage sind, aus einem jährlichen, besonderen Etat für Schülerübungen ihren Apparatenbestand für den neuen Unterrichtsbetrieb beschaffen zu können, so tun uns bitter not billige Versuchsanordnungen ähnlich den Stecknadelversuchen von Hahn für die Optik. Einige der im folgenden beschriebenen Versuche haben diesen Vorzug. Dem Mangel an einer genügenden Anzahl von teureren Apparaten derselben Art kann man dadurch abhelfen, daß man die Schüler mit verschiedenen Apparaten, die zur Erläuterung eines kleinen, abgeschlossenen Gebietes der Physik dienen, arbeiten läßt; beim Fall der Körper z. B. kann man in derselben Stunde eine Schülergruppe mit dem Whitingschen Pendel[1]), andere mit der Fallrinne von Galilei, der Fallrinne von Duff[2]), von Packard[3]) und ähnlichen Versuchsanordnungen experimentieren lassen. Bei dieser Arbeitsweise wird der große Vorzug der „Übungen in gleicher Front" gewahrt, daß sich die praktischen Arbeiten der Schüler organisch in den Vortragsunterricht eingliedern lassen, während dem einzelnen Schüler zugleich eine größere Selbständigkeit als bei den reinen Übungen in gleicher Front gelassen wird.

1. Fall der Körper in widerstehenden Mitteln.

Es handelt sich hierbei im wesentlichen um den Nachweis der Gesetze des Falles der Körper in Luft und in Wasser. Als Fallkörper in Luft benutze ich kegelförmige Fallschirme aus Seidenpapier (Fig. 1); man stellt sie her, indem man Kreissektoren von 6 cm Radius und 270° Mittelpunktswinkel ausschneidet und die beiden Radienkanten mit wenig Syndetikon zusammenklebt; bei Versuchen mit einem solchen Fallschirm ist die Spitze nach unten gerichtet. Der Schirm fällt bei ruhiger Luft vertikal nach unten, ohne zu kippen oder zu pendeln. Der Mittelpunktswinkel 270° ist als der günstigste ausprobiert; bei größerem Winkel gerät der Fallschirm leicht ins Schaukeln, bei kleinerem Winkel wird seine Fallgeschwindigkeit unerwünscht groß. Das Gewicht a g des Fallschirms wird auf der chemischen Wage bestimmt. Man stellt nun aus dünnem Draht zusammengerollte Gewichte her, die gleich a, $2a$

Fig. 1.

[1]) Hahn, Handbuch für physikalische Schülerübungen, S. 145.

[2]) Desgl., S. 140.

[3]) Desgl., S. 150.

und $3a$ g sind und in den Fallschirm hineingelegt werden. Es ist ratsam, bei den Versuchen sich mehrerer gleich schwerer Fallschirme zu bedienen, da die Übungen bei mehreren Schirmen schneller als bei einem einzigen vonstatten gehen und ferner beim Aufstoßen der Fallschirme auf die Erde oder beim Anfassen leicht Verbiegungen eintreten, die das Versuchsresultat ungünstig beeinflussen. Zur Aufbewahrung legt man die Seidenschirme zwischen zwei etwas größere, im übrigen aber gleich geformte Schirme aus festem Zeichen- oder Kartonpapier. Bei Ausführung der Versuche hängt man den Fallschirm mit abwärts gerichteter Spitze in einen Drahtring, der an einer mehrere Meter langen Holzstange oder Glasröhre befestigt ist (Fig. 2). Als Ort für die Anstellung der Fallversuche ist jedes Zimmer geeignet, besonders günstig sind jedoch hohe Hallen oder Treppenflure. Die Fallwege werden entweder an einer vertikal aufgestellten Latte mit Dezimeterteilung, die z. B. beim Turnen zur Abmessung des Weitsprungs gebraucht wird, oder an irgendwelchen Wandmarken abgemessen. Die Fallzeiten bestimmt man mit der Stechuhr oder dem Metronom.

Fig. 2.

Versuch 1. Man mißt die Fallwege des Schirmes in der ersten, zweiten, dritten usw. Sekunde.

Der Versuch lehrt: Der Körper fällt anfänglich in beschleunigter, nach kurzer Zeit aber in gleichförmiger Bewegung.

Versuch 2. Man mißt die konstanten Endgeschwindigkeiten des Schirmes zuerst ohne, dann mit Belastung.

Ergebnis. Sind die Gewichte des Fallschirms ohne Belastung a g und mit Belastungen $2a$, $3a$, $4a$ g, so verhalten sich die konstanten Endgeschwindigkeiten wie $\sqrt{1}:\sqrt{2}:\sqrt{3}:\sqrt{4}$.

Erklärung der Versuche. Die Kräfte K, welche das Fallen des Schirmes verursachen, sind die Gewichte a, $2a$, $3a$, $4a$; diese Kräfte erzeugen zu Beginn der Bewegung eine Beschleunigung. Nachdem aber der Fallkörper seine gleichförmige Bewegung erreicht hat, ist die Beschleunigung gleich Null; d. h. die auf den Körper einwirkenden Kräfte sind zusammen gleich Null. Es muß also eine Kraft jenen Kräften K entgegenwirken und nach Erreichung der gleichförmigen Bewegung ihnen gleich sein; dies ist der Widerstand der Luft. Da zur Erreichung der doppelten Geschwindigkeit des Schirmes ein viermal so großes Gewicht des Schirmes nötig war, so muß daher auch bei der doppelten Geschwindigkeit der Widerstand der Luft viermal so groß sein wie bei der einfachen Geschwindigkeit; d. h. der Widerstand der Luft wächst wie das Quadrat der Geschwindigkeit der Bewegung.

Berechnung der Größe des Luftwiderstandes in kg. Ein Versuch mit einem 0,16 g schweren Fallschirme von kegelförmiger Gestalt ergab eine konstante Endgeschwindigkeit von 0,66 m/sec; die Seitenkante des Kegels betrug 5,7 cm; der Radius der offenen Grundfläche war 4,3 cm. Die Mantelfläche des Schirmes ergibt sich hieraus zu $\pi . 4{,}3 . 5{,}7 = 77 \text{ cm}^2 = 0{,}0077 \text{ m}^2$.

Bei 0,66 m/sec Geschwindigkeit und 0,0077 m² Fläche ist nun die Größe des Luftwiderstandes gleich 0,00016 kg; bei 1 m/sec Geschwindigkeit und 1 m² Fläche ist daher die Größe des Luftwiderstandes gleich $\frac{0{,}00016}{0{,}66^2 \cdot 0{,}0077} = 0{,}048$ kg. Bei dieser Berechnung ist die Voraussetzung gemacht, daß der Luftwiderstand direkt proportional der Größe der Fläche ist. Zum Vergleich seien noch einige Angaben gemacht, die für die Luftschiffahrt von Bedeutung sind.

Der Widerstand, den eine ebene Fläche von 1 m² Größe bei einer Geschwindigkeit von 1 m pro Sek. erfährt, beträgt etwa 0,12 kg; der auf eine Kugel ausgeübte Luftwiderstand beträgt nur den dritten Teil von dem, den eine ebene Fläche von gleichem Querschnitt erfahren würde. Die obige Berechnung lehrt also, daß eine

Spitze in Gestalt eines stumpfen Kegels einen größeren Widerstand erfährt als eine kugelförmige Fläche von gleichem Querschnitt. (Vgl. hiermit den Widerstand des Wassers gegen einen trichterförmigen Schwimmer mit abwärts gerichteter Spitze, S. 4.)

Bei den Versuchen über den Fall der Körper in Wasser habe ich Schwimmer aus verschiedenen Materialien ausprobiert. Zuerst wiederholte ich die Versuche von Fr. C. G. Müller, die in dieser Zeitschr. *VII, S. 291*, beschrieben sind. Aus Kork und Messingdraht wird ein Körper von der in Fig. 3 bezeichneten Form hergestellt, der gerade im Wasser schwebt. Hängt man nun an den unteren Haken nacheinander zwei Übergewichte aus feinem Draht, deren Gewichtsverhältnis 1 : 4 ist, und mißt mittels Metronoms und Maßstabes die Endgeschwindigkeiten des Fallkörpers in einem hohen, mit Wasser gefüllten Zylinder, so findet man Werte, die sich wie 1 : 2 verhalten. — Bei diesem scheinbar so einfachen Versuch stellt sich aber ein großer Übelstand heraus. Es ist nach meiner Erfahrung unmöglich, den Kork so auszubalanzieren, daß er für die Dauer von mehreren hintereinander ausgeführten Versuchen gerade im Wasser schwebt. Hat man nämlich durch behutsames Abschneiden kleiner Stücke Kork erreicht, daß der Schwimmer eben unter der Wasseroberfläche schwebt, so ist er nach dem erstmaligen Tauchen in größere Tiefen schwerer geworden, weil durch den höheren Druck Wasser in die Poren gepreßt worden ist. Nimmt man aber jetzt den Schwimmer einige Zeit wieder aus dem Zylinder heraus, so wird er durch Verdunsten des eingedrungenen Wassers leichter. Auch durch Eintauchen in flüssiges Paraffin wurde dieser Übelstand nicht ganz behoben. — Ich ersetzte daher den Kork durch ein kreisrundes Holzbrett von 2 cm Radius, das durch Eintauchen in geschmolzenes Paraffin wasserundurchlässig gemacht wurde, und erzielte nun etwas bessere Resultate, die mich jedoch auch nicht zufriedenstellten. Die Schwimmer, mit denen ich die im folgenden beschriebenen Versuche ausgeführt habe, sind aus Glas hergestellt; sie haben den Vorzug, daß sie gegen mechanische und chemische Einwirkungen unveränderlich sind, und daher bei derselben Temperatur unter allen Umständen dasselbe Gewicht haben.

Fig. 3.

Man besorgt sich beim Glasbläser mehrere Kugeln von etwa 3, 4 und 5 cm Durchmesser mit angeschmolzener Glasröhre (Fig. 4), füllt sie so weit mit Schrot, daß die Röhre nur noch wenige Millimeter aus dem Wasser herausragt, und schmilzt nunmehr das Röhrenende mit einer Gebläseflamme zu. Nun legt man fest um den Hals des Schwimmers einen Messingdraht und schneidet so lange davon ab, bis der Schwimmer eben im Wasser schwebt; hat man zu viel abgeschnitten, so setzt man auf den Draht wieder etwas Weichlot auf. Der so austarierte Schwimmer (Fig. 5) schwebt jedoch nur bei der während des Ausprobierens herrschenden Wassertemperatur; schon eine Temperaturänderung von weniger als 1° stört das Gleichgewicht. Um den Einfluß der Wassertemperatur bei Versuchen, die zu verschiedenen Zeiten angestellt werden, zu eliminieren, schiebt man auf den Hals des Schwimmers Ringe aus dünnstem Aluminiumdraht (0,3 mm), die man sich herstellt, indem man ein kurzes Drahtstück einmal um den Hals des Schwimmers herumlegt und die freien Enden zusammendreht.

Fig. 4.

Fig. 5.

Zu den Schwimmern gehören Übergewichte, die im Verhältnis 1 : 4 : 9 stehen; die bei meinen Versuchen benutzten wiegen 0,06 g, 0,24 g und 0,54 g. Sie werden hergestellt aus Aluminiumdraht von 1 mm Dicke und auf der chemischen Wage gewogen. Man rollt sie spiralförmig zusammen, so daß sie mit einiger Reibung auf den Hals der Schwimmer geschoben werden können.

Man läßt die Fallkörper untersinken in einem weiten, über 1 m hohen, mit Wasser gefüllten Standzylinder, hinter dem man einen in Zentimeter eingeteilten Metermaßstab befestigt. Die Schwimmkörper werden nach jedem Versuche mit Hilfe einer langen Glasröhre, an deren unterem Ende ein Drahtring von weniger als 3 cm Durchmesser mit Siegellack befestigt ist (Fig. 6), wieder an die Oberfläche befördert. Die Zeiten mißt man mit der Stechuhr oder dem Metronom.

Fig. 6.

Versuch 1. Man belastet den Schwimmer mit einem beliebigen Übergewicht, taucht ihn vollständig in Wasser ein und läßt ihn mit der Anfangsgeschwindigkeit Null fallen. Man mißt nun die Fallwege in der ersten, zweiten, dritten usw. Sekunde.

Ergebnis des Versuchs. Der Schwimmer fällt anfänglich in beschleunigter, nach kurzer Zeit aber in gleichförmiger Bewegung.

Versuch 2. Man mißt nacheinander die konstanten Endgeschwindigkeiten des Schwimmers, die er bei Belastung mit 3 Übergewichten im Gewichtsverhältnis 1 : 4 : 9 erlangt.

Ergebnis. Die Endgeschwindigkeiten verhalten sich wie 1 : 2 : 3, d. h. wie die Quadratwurzeln aus den Übergewichten.

Hieraus ergibt sich, wie bei Luft, daß der Widerstand des Wassers wie das Quadrat der Geschwindigkeit der Bewegung wächst.

Versuch 3. Man belastet Schwimmer von verschiedener Größe nacheinander mit demselben Übergewicht und mißt die konstanten Endgeschwindigkeiten. Darauf bestimmt man mit der Schubleere die Durchmesser der Schwimmer.

Ergebnis. Die Endgeschwindigkeiten zweier kugelförmigen Wasserschwimmer, die mit demselben Übergewicht belastet sind, verhalten sich umgekehrt wie ihre Durchmesser.

Hieraus ergibt sich im Zusammenhang mit den vorigen Ergebnissen das Gesetz: Der Widerstand kugelförmiger Flächen nimmt proportional der Fläche zu.

Beweis: Es seien die Durchmesser der Schwimmer d_1 und d_2 ($d_1 < d_2$), die Geschwindigkeiten bei demselben Übergewicht c_1 und c_2. Dann ist nach Versuch 3

$$c_1 : c_2 = d_2 : d_1 \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 1)$$

Um die Geschwindigkeit des zweiten Schwimmers gleich der des ersten zu machen, müßte man nach Versuch 2 sein Übergewicht mit dem Verhältnis $\frac{c_1^2}{c_2^2}$ multiplizieren. Bei gleichen Geschwindigkeiten der Schwimmer würde dann das Verhältnis ihrer Übergewichte gleich $1 : \frac{c_1^2}{c_2^2}$ oder gleich $c_2^2 : c_1^2$ sein. Nun sind aber die Übergewichte gleich den Widerständen, die beide Schwimmer im Wasser erfahren, also ist das Verhältnis der Widerstände des ersten und des zweiten Schwimmers

$$w_1 : w_2 = c_2^2 : c_1^2 \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 2)$$

Da aber das Verhältnis der Flächen der Schwimmer gleich $f_1 : f_2 = d_1^2 : d_2^2$ ist, so ergibt sich mit Hilfe von Gleichung 1)

$$f_1 : f_2 = c_2^2 : c_1^2 \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 3)$$

Aus 2) und 3) folgt nun $w_1 : w_2 = f_1 : f_2$.

Versuch 4. Man belastet einen trichterförmigen, allseits geschlossenen Schwimmer (Fig. 7), dessen Spitze nach unten gerichtet ist und dessen Grundkreis gleich dem Querschnitt eines der kugelförmigen Schwimmer ist, mit demselben Übergewicht wie den Kugelschwimmer und vergleicht die Endgeschwindigkeiten.

Fig. 7.

Ergebnis. Ein kegelförmiger Schwimmer erleidet im Wasser einen größeren Widerstand als ein kugelförmiger Schwimmer von gleichem Querschnitt.

Berechnung der Größe des Wasserwiderstandes. Ein Versuch mit einem kugelförmigen Schwimmer von 3,95 cm Durchmesser, d. h. 12,25 cm² Querschnitt, ergab bei einem Übergewicht von 0,06 g eine konstante Endgeschwindigkeit von 0,03 m/sec.

Bei 0,03 m/sec Geschwindigkeit und 0,001 225 m² Querschnitt ist die Größe des Wasserwiderstandes gleich 0,00006 kg; bei 1 m/sec Geschwindigkeit und 1 m² Querschnitt ist daher die Größe des Wasserwiderstandes gleich $\frac{0{,}000\,06}{0{,}03^2 \cdot 0{,}001\,225} = 54{,}4$ kg.

Ein Versuch mit einem kegelförmigen Schwimmer von 4,2 cm Durchmesser, d. h. von 13,85 cm² Grundfläche ergab bei einem Übergewicht von 0,06 g eine konstante Endgeschwindigkeit von 0,0231 m/sec. Hieraus ergibt sich für 1 m² Fläche und 1 m/sec Geschwindigkeit die Größe des Wasserwiderstandes gleich $\frac{0{,}000\,06}{0{,}0231^2 \cdot 0{,}001\,385} = 81$ kg.

2. Messung des spezifischen Gewichts des Wassers bei verschiedenen Temperaturen.

Man braucht zu den Versuchen einen großen, mit Schrot beschwerten Glasschwimmer, ähnlich dem in Fig. 5 dargestellten, der in Wasser von nahezu 100° untertaucht, bei etwas niedrigerer Temperatur aber steigt; sehr geeignet zu der Herstellung sind die Glasballons, die zur Dampfdichtebestimmung nach der Dumasschen Methode verwendet werden. Ferner schneidet man von 1 mm starkem Messingdraht 10 Stücke von 1 g Gewicht und einige von 0,5 g, 0,2 g und 0,1 g ab, biegt jedes zu einem Ringe um und dreht die freien Enden zusammen. Das zu untersuchende Wasser befindet sich in einem großen Becherglase aus Jenenser Glas. Seine Temperatur wird mittels eines in $^1/_1{}^0$ geteilten Thermometers gemessen, dessen Teilung von 0° bis 100° reicht. Da man bei den folgenden Versuchen nur die Differenz der spezifischen Gewichte des Wassers bei verschiedenen Temperaturen ermittelt, so ist es empfehlenswert, die Messungen von 100° bis zu 4° anzustellen, weil man dann auch die absoluten Werte der spezifischen Gewichte erhält. Stellt man den Versuch so an, wie er im folgenden beschrieben wird, so erhält man eine Reihe von Werten für das spezifische Gewicht des Wassers bei Temperaturen zwischen 100° und 4°.

Versuch. Man füllt das Becherglas mit heißem Wasser, aus dem alle Luftblasen durch Auskochen entfernt worden sind, legt den Schwimmer hinein und befestigt das Thermometer an einem Stativ derart, daß der Quecksilberkopf sich ungefähr in der Mitte zwischen Wasseroberfläche und Boden an der Seite des Becherglases befindet; für den Schwimmer muß soviel Raum bleiben, daß er sich in vertikaler Richtung bequem an dem Thermometer vorbei bewegen kann. Nun erhitzt man das Wasser bis zum Sieden und entfernt die Flamme; der Schwimmer befindet sich nunmehr am Boden des Gefäßes. Das Wasser kühlt sich jetzt ab. Bei einer gewissen Temperatur t_0, einige Grad unterhalb der Siedetemperatur, steigt der Schwimmer in die Höhe, weil das kältere Wasser tragfähiger ist. Man legt nun auf den Hals des Schwimmers einen Ring von 1 g, wodurch er wieder zum Sinken gebracht wird, und beobachtet die Temperatur t_1, bei der er wieder in die Höhe steigt. So fährt man fort mit dem Aufsetzen neuer Ringe und der Beobachtung der zugehörigen Temperaturen. Nähert sich die Temperatur des Wassers im Becherglase der Zimmertemperatur, so beschleunigt man die Abkühlung durch Zugießen kleiner Mengen kalten Wassers. Um die Wassertemperatur auf 4° zu bringen, füllt man Eisstücke oder besser Schnee hinein. Damit das Wasser an allen Stellen die angezeigte Temperatur besitzt, ist für häufiges Umrühren zu sorgen, was in bequemer Weise mit dem Schwimmer selbst besorgt werden kann. — Nach Beendigung dieser

Untersuchungsreihe wiegt man den Schwimmer ohne Ringe in Luft (p g) und bestimmt darauf seinen Auftrieb $(p + a)$ g in Wasser von 4°.

Berechnung: T^0 und t^0 seien zwei während des Versuchs gemessene Wassertemperaturen, m und M die zugehörigen Übergewichte, v_T und v_t die Volumina des Glasschwimmers bei diesen Temperaturen, s_T und s_t die zugehörigen spezifischen Gewichte des Wassers, p sei das Gewicht des Glasschwimmers in Luft, $p + a$ sein Auftrieb in Wasser von 4°, γ der als bekannt vorausgesetzte kubische Ausdehnungskoeffizient des Glases und σ das spezifische Gewicht des Messings bzw. des Metalls, aus dem die ringförmigen Übergewichte angefertigt sind.

Nach dem Archimedischen Gesetz bestehen dann die beiden Gleichungen

$$p + m = v_T \cdot s_T + \frac{m}{\sigma}$$

und

$$p + M = v_t \cdot s_t + \frac{M}{\sigma}.$$

Hieraus ergibt sich

$$s_t - s_T = \frac{p + M\left(1 - \frac{1}{\sigma}\right)}{v_t} - \frac{p + m\left(1 - \frac{1}{\sigma}\right)}{v_T}.$$

Setzt man noch

$$v_T = v_t(1 + \gamma[T - t])$$

und zur Abkürzung $1 - \frac{1}{\sigma} = \varrho$, so erhält man

$$s_t - s_T = \frac{p + M\varrho}{v_t} - \frac{p + m\varrho}{v_t(1 + \gamma[T - t])}$$

oder

$$s_t - s_T = \frac{1}{v_t}\left[p + M\varrho - (p + m\varrho)(1 - \gamma[T - t])\right]$$

oder

$$s_t - s_T = \frac{1}{v_t}\left[(M - m)\varrho + (p + m\varrho)\gamma[T - t]\right].$$

Ist $t = 4^0$, so wird $s_t = 1$ und $v_t = p + a$. Man erhält dann

$$s_T = 1 - \frac{1}{p + a}\left[(M - m)\varrho + (p + m\varrho)\gamma[T - 4]\right].$$

3. Nachweis des Dichtemaximums von Wasser.

Die Schüler fertigen sich, wie in Nr. 1 beschrieben, einen größeren Schwimmer (5 bis 6 cm Durchmesser) aus Glas an, der in Wasser von 4° noch eben schwimmt. Füllt man nun drei Becherglächer mit Wasser von 0°, 4° und 8° an, so sinkt er im ersten und letzten unter, im mittleren steigt er an die Oberfläche. Natürlich gibt dieser Versucht nicht die Temperatur des wahren, sondern nur diejenige des scheinbaren Dichtemaximums an.

Fig. 8.

4. Messung des spezifischen Gewichts fester Körper.

Die im folgenden beschriebene Vorrichtung (Fig. 8) ist ein Ersatz für die Jolysche Federwage. Ein 35 cm langer und 1 cm breiter Stahlstreifen wird an einem Ende an einem hohen Holzklotz festgeschraubt. An dem freien Ende befestigt man mit Plastilin, Siegellack oder Zwirn eine Stecknadel. An einem vertikal aufgestellten Millimeterlineal liest man die jeweilige Höhe der

Nadelspitze ab. An den Stahlstreifen hängt man eine Doppelwagschale, die man aus zwei kreisrunden Zelluloidscheiben und Zwirnsfäden herstellt. Die untere Schale taucht in ein mit Wasser gefülltes Gefäß, die obere hängt in Luft.

Versuch 1. Man belastet die obere Schale mit passenden Gewichten eines Gewichtssatzes und mißt die Senkungen der Stahlfeder.

Ergebnis. Die Ausschläge sind bei nicht zu großen Durchbiegungen proportional den Gewichten.

Versuch 2. Man legt den zu untersuchenden Körper zuerst auf die obere, dann auf die untere Wagschale und mißt die Ausschläge a und b der Nadel, gemessen von ihrer Ruhelage an. Das spezifische Gewicht des Körpers ist dann $s = \frac{a}{a-b}$.

Ein Vorzug dieser einfachen Vorrichtung vor anderen Federwagen besteht abgesehen von ihrer Billigkeit darin, daß man durch Verschieben der Wagschalen in der Richtung des Stahlstreifens die Empfindlichkeit der Wage verändern kann. Bei schweren Körpern schiebt man die Schalen nach dem festen, bei leichten Körpern nach dem freien Ende hin.

5. Nachweis des Torricellischen Ausflußgesetzes.

Eine einfache Versuchsanordnung hierzu beschreibt H. Bohn in „*Phys. App. u. Vers. a. d. Schäffer-Museum*“, *S. 54.* Der in Fig. 9 abgebildete Apparat zeigt einige Abänderungen gegenüber dem von Schäffer. Eine etwas über einen halben Meter lange und 18 mm weite, dickwandige Glasröhre R ist an einem Ende bis auf eine sehr enge Öffnung zugeschmolzen. In die Röhre ist eine von der Öffnung nach oben rechnende Zentimeterteilung geätzt. Die Röhre wird in ein etwa 1 m hohes Stativ S vertikal, die Ausflußöffnung nach unten eingespannt und ein Meßgefäß M, das in ccm geteilt ist, darunter gestellt. Am selben Stativ ist oben eine Kochflasche F von 300 ccm Inhalt befestigt. Durch den einfach durchbohrten Gummistopfen K_1 geht eine 10 mm weite Glasröhre. Innerhalb derselben befindet sich eine zweite gleich lange Röhre von 3 mm Weite. Die unveränderliche, gegenseitige Lage der Röhren wird dadurch erreicht, daß man in den oberen Teil der weiteren Röhre eine kleine Öffnung a (Fig. 10) bläst und die engere Röhre an dieser Stelle anschmilzt. Durch die engere Röhre fließt nun Flüssigkeit aus der Flasche, durch die weitere steigt ebensoviel Luft in die Flasche hinein.

Fig. 10.

Zur Verhinderung der Tropfenbildung und des dadurch bewirkten Abschlusses am unteren Ende der weiten Röhre ist dieser Teil schräg abgeschliffen. Die Vorrichtung dient dazu, das Flüssigkeitsniveau im Ausflußgefäß immer automatisch auf derselben Höhe zu halten.

Fig. 9.

Ein Schüler füllt zunächst die Flasche F mit Wasser oder einer anderen Flüssigkeit, setzt den Stopfen mit den beiden Glasröhren auf, kippt das ganze um und läßt die Flüssigkeit in das Ausflußgefäß laufen, wobei ein zweiter Schüler die kleine Ausflußöffnung zuhält. Es wird nun die Flasche durch den Korkstopfen K_2 in einer solchen Höhe festgehalten, daß das untere Ende der weiten Glasröhre sich auf dem Teilstrich befindet, bis zu welchem das Flüssigkeitsniveau im Ausflußgefäß reichen soll.

Versuch 1. Wie hängt die Ausflußmenge und Ausflußgeschwindigkeit einer Flüssigkeit (z. B. Wasser) mit der Höhe des Flüssigkeitsspiegels

zusammen? Man stellt nacheinander das Flüssigkeitsniveau auf verschiedene Höhen h cm ein und läßt während einer mit dem Metronom zu messenden gewissen Anzahl Sekunden die Flüssigkeit in das Maßgefäß fließen. Die Ausflußmenge m cm² pro Sek. wird berechnet. Die Versuchsresultate werden graphisch dargestellt, indem die Werte für m als Abzissen und diejenigen für h als Ordinaten gezeichnet werden. Durch welche Gleichung läßt sich graphisch die gefundene Beziehung zwischen m und h ausdrücken? In welcher Weise hängt m mit der Ausflußgeschwindigkeit v zusammen? Welche Gleichung stellt hiernach die Beziehung zwischen v und h dar?

Versuch 2. Wie hängt die Ausflußgeschwindigkeit von dem spezifischen Gewicht der Flüssigkeit ab?

Man stellt den Versuch für mehrere Flüssigkeiten (Wasser, Alkohol, Äther) an, indem man für alle die Ausflußmenge für dieselbe Sekundenzahl und dieselbe Höhe mißt.

Versuch 3. Wie hängt die Ausflußzeit mit der Höhe des Flüssigkeitsspiegels zusammen?

Bei dieser Übung wird die Flasche mit den beiden Röhren nicht gebraucht. Man füllt das Ausflußgefäß bis über den Teilstrich 49 mit Wasser und mißt mit dem Metronom die Zeiten, die das Wasser zum Ausfließen von dem Teilstrich 49—36, 36—25, 25—16 usw. braucht.

6. Schülerversuche zum Wärmeleitungsvermögen von Metallstäben.

a) Nachweis des linearen Temperaturabfalls nach Erreichung des stationären Zustandes.

An das eine Ende eines Metallstabes von 24 cm Länge und $2\frac{1}{2}$ cm Dicke ist ein Metallrohr von 3,5 cm lichter Weite und 10 cm Länge gelötet (Fig. 11). Genau durch die Mitte des Stabes ist senkrecht zu seiner Achse ein Loch gebohrt, in das der Kopf eines in $\frac{1}{1}^0$ geteilten Thermometers T_1 gesteckt wird. Zur Wärmeisolation wird ein rechteckig geschnittenes schmales Stück Watte mehrere Male um den Stab und das Metallrohr gerollt und mit einem Bindfaden verschnürt. Der Metallstab wird in vertikaler Lage an einem Bunsenstativ befestigt. Sein unteres Ende taucht etwa 1—2 mm in das Wasser einer gefüllten Wanne, die mehrere Liter Inhalt hat; das Wasser darf jedoch die Watteverschnürung nicht benetzen. Die Temperatur des Wassers t, die möglichst nahe der Zimmertemperatur liegen soll, wird mittels eines in $\frac{1}{1}^0$ geteilten Thermometers T_2 abgelesen. Das obere Stabende wird durch den in einem Destillierkolben entwickelten Wasserdampf dauernd auf nahezu 100° gehalten. Diese Temperatur T wird an einem auf dem Grunde der Röhre stehenden Thermometer T_3 abgelesen. Zur nutzlosen Vermeidung von Wärmeverlusten wird das obere Röhrenende durch einen zweimal durchbohrten Kork verschlossen; doch müssen die Bohrungen so weit sein, daß ein kleiner Zwischenraum zum Entweichen des Wasserdampfes bleibt. Nach Verlauf einiger Zeit, deren Länge von der Art des Metalls abhängt, ist die Temperatur der Stabmitte bis zum arithmetischen Mittel aus den Temperaturen der

Fig. 11.

Stabenden gestiegen und bleibt auf dieser Höhe stehen. Es ist somit gezeigt worden, daß ein stationärer Zustand eingetreten ist, d. h. daß jeder Punkt des Stabes nunmehr seine Temperatur beibehält, ferner daß die Kurve, die den Temperaturabfall vom heißen zum kalten Stabende darstellt, eine gerade Linie ist.

b) Messung des Wärmeleitungsvermögens.

Diese Messung habe ich bereits a. a. O. ausführlich beschrieben. Da sie aber mit der vorhergehenden in engstem Zusammenhang steht, so sei sie hier kurz wiederholt. Der Apparat ist derselbe wie beim vorigen Versuch. Nach Erreichung des stationären Zustandes ersetzt man das große Wassergefäß durch ein mit etwa 300 g Wasser von t_1^0 angefülltes Kalorimetergefäß. In einigen Minuten steigt die Temperatur infolge Wärmeleitung auf t_2^0. Ist die Länge des Metallstabes $= a$ cm, der Querschnitt $= q$ cm², die Temperatur an den beiden Stabenden $= T$, bzw. t und die während n Sekunden durch den Stab geleitete Wärmemenge $= w$ Kalorien, so ist das Wärmeleitungsvermögen des Metallstabes

$$L = \frac{w \cdot a}{q\,(T - t)\,.\,n}\,.$$

Man hat in dieser Gleichung zu setzen

$$t = {}^1/_2\,(t_1 + t_2) \qquad \text{und} \qquad q = \frac{\pi\, d^2}{4}\,.$$

7. Nachweis der Abnahme der Wärmestrahlung mit dem Quadrat der Entfernung.

Eine Thermosäule wird mit einem Spiegelgalvanometer verbunden. Im Abstande von einigen Dezimetern stellt man ein brennendes Stearinlicht auf und mißt den Ausschlag des Lichtzeigers. Nun verändert man den Abstand Kerze — Thermosäule; auch der Ausschlag des Lichtzeigers ändert sich. Der Versuch zeigt, daß in der doppelten, bzw. dreifachen Entfernung die Wärmestrahlung nur $^1/_4$, bzw. $^1/_9$ der ursprünglichen Wärmewirkung hat.

8. Messung der spezifischen Wärme der Luft bei konstantem Drucke.

Diese Messung ist meines Wissens bisher nicht auf höheren Schulen vorgenommen worden. Der Grund hierfür liegt nicht etwa darin, daß die spezifische Wärme der Luft eine unwichtige Konstante wäre; im Gegenteil, sie ist von größter Bedeutung im Schulunterricht; z. B. beruht die Berechnung des mechanischen Wärmeäquivalents nach Robert Mayer auf ihrer Kenntnis. Die Vernachlässigung dieses wichtigen Kapitels aus der Wärmelehre liegt vielmehr an dem Fehlen eines für Schulzwecke geeigneten Apparates. Die in den Katalogen einiger größerer Firmen abgebildeten Apparate von De la Roche und Berard, Régnault und Eilhard Wiedemann sind wegen ihres hohen Preises und ihrer verwickelten Einrichtung für den Schulunterricht nicht brauchbar. Während es bei den wissenschaftlichen Messungen dieser Forscher wesentlich auf möglichst große Genauigkeit und vielseitige Anwendbarkeit des Apparates, z. B. für die Untersuchung der spezifischen Wärme verschiedener Gase unter niedrigem und hohem Druck, bei tiefen und hohen Temperaturen ankommt, genügt für Schulzwecke eine Vorrichtung, die für Luft und etwa noch für das eine oder andere Gas die spezifische Wärme unter einfacheren Bedingungen mit geringerer Genauigkeit zu messen gestattet. Dies leistet der im folgenden beschriebene Apparat; er ist so einfach wie irgend möglich gebaut. Eine Messung mit demselben ist nicht viel schwieriger, als eine gewöhnliche Bestimmung der spezifischen Wärme fester oder flüssiger Körper; die Messung dauert weniger als eine Kurzstunde.

Der ganze Apparat (Fig. 12) besteht aus 3 Teilen: 1. dem Vorwärmgefäß, 2. dem Kalorimeter und 3. dem Luftmesser

Das Vorwärmgefäß *A* ist ein Zinkkasten von 16 cm Länge, 10 cm Breite und 12 cm Höhe, in dem Wasser durch einen dreifachen Brenner *B* zum Kochen erhitzt wird. In diesem Wasserbade befindet sich ein 3,5 cm weites, 12 cm langes, mit zusammengerolltem Kupferdrahtnetz dicht angefülltes Kupferrohr *C*, in dem die durchstreichende Luft bis zur Siedetemperatur des Wassers erhitzt wird. An der Austrittsstelle der Luft aus dem Erhitzungsrohr hat der Zinkkasten einen zylindrischen Ansatz *D*, der durch eine ebenso große kreisförmige Öffnung in der Doppelisolierwand *E* aus Asbest geht. Die Wassertemperatur in diesem Ansatzstück, die durch das Thermometer *F* gemessen wird, wird als Anfangstemperatur der Luft beim Eintritt in das Kalorimeter angenommen.

Fig. 12.

Das Erhitzungsgefäß steht mit dem Kalorimeter *G* durch ein 2,5 cm langes Rohr aus Neusilber, das eine sehr geringe Wärmeleitungsfähigkeit besitzt, in Verbindung, und zwar schiebt man das Rohrstück in die Bohrung eines Korks *H*, der sich im unteren Teile des Kalorimeters befindet. Für das Gelingen der Messung ist es von höchster Wichtigkeit, daß zwischen Vorwärmgefäß und Kalorimeter nur ein kleiner Zwischenraum (etwa 2 mm) bleibt. Auf einem größeren Wege würde sich die Luft außerordentlich schnell abkühlen; durch einen Versuch läßt sich leicht bestätigen, daß die auf 100° erhitzte Luft, die durch ein Bleirohr von 1—2 dcm Länge streicht, sich bereits vollständig bis auf Zimmertemperatur abkühlt.

Der im Vorwärmgefäß erhitzte Luftstrom gibt in dem mit Wasser von wenigen Grad unter Zimmertemperatur gefüllten Kalorimetergefäß seine Wärme ab. Zunächst tritt der Gasstrom in eine weitere zylindrische Röhre, die in die Kalorimeterwandung gelötet ist, und in die ein durchbohrter Kork geschoben wird, ein; von hier aus passiert die Luft das 90 cm lange und 7 mm weite Schlangenrohr *J* aus Messing und tritt dann in die freie Luft aus. Das Kalorimeter, das aus dünnem Messingblech hergestellt ist, hat eine Höhe von 8 cm und eine Weite von 6 cm. Es faßt ca. 130 g Wasser. Eine Wärmeisolation durch Watte oder durch einen Holzkasten hat sich als überflüssig herausgestellt. Die Temperatur des Wassers, das durch einen auf- und abbewegbaren ringförmigen Rührer *R* in Bewegung gehalten wird, wird an einem in

$/_{10}{}^0$ geteilten Thermometer T abgelesen. Um eines besonderen Stativs zu entbehren, wird dieses Thermometer durch eine Schleife aus Messingdraht, deren Enden an zwei diametral gegenüberstehenden Punkten des oberen Kalorimeterrandes festgelötet sind, gehalten.

Als Luftmesser eignet sich gut ein Glasgasometer von 10 oder mehr Liter Inhalt; man eicht ihn nach Litern, indem man an die Außenwand einen langen vertikalen Papierstreifen klebt und durch Eingießen von je einem Liter Wasser Marken auf diesem Streifen festlegt. Durch Eingießen von Wasser in das Trichterrohr wird nun eine gleiche Menge Luft aus dem Gasometer verdrängt. Die Luft passiert, bevor sie in das Vorwärmgefäß eintritt, eine mit Chlorcalcium angefüllte Trockenröhre.

Bei meinen Versuchen habe ich mich in den meisten Fällen eines anderen Luftmessers bedient, der in Fig. 12 abgebildet ist. Zwei zylindrische Glasgefäße G_1 und G_2 von je $^1/_3$ l Inhalt, die auf einem vertikalen Brette montiert sind, stehen durch einen Gummischlauch S_1 miteinander in Verbindung. Der eine Zylinder G_1 ist mit Wasser gefüllt. Durch Heben und Senken desselben kann man das Wasser aus einem Gefäß durch den Schlauch in das andere treiben, wobei jedesmal ein ebenso großes Luftvolumen aus der oberen Ansatzröhre der Glasgefäße entweicht. Um diese Luft stets in derselben Richtung durch das Vorwärmgefäß zu schicken und neue Luft anzusaugen, dient der in Fig. 12 und 13 abgebildete Glashahn H. Er enthält zwei Bohrungen; durch die eine wird Luft aus dem Gefäßepaar gepreßt, durch die andere wird Luft angesogen. Hebt man den mit Wasser gefüllten, in der Fig. 12 unten befindlichen Zylinder G_1 in die Höhe, bis zu dem Brette V, so fließt das Wasser in das rechte Gefäß G_2 und verdrängt die Luft aus demselben; sie entweicht durch die Röhre a (Fig. 13a) und das Chlorcalciumrohr W in das Vorwärmgefäß und das Kalorimeter; zugleich wird durch die Bohrung b Luft in den Zylinder G_1 gesogen. Ist alles Wasser in den Zylinder G_2 geflossen, so dreht man den Glashahn H links oder rechts herum um 90°, wodurch seine Bohrungen in die durch Fig. 13b dargestellte Lage kommen. Nun senkt man den leeren Zylinder G_1. Dann füllt er sich mit Wasser, wobei die Luft aus ihm durch die Röhre a in derselben Richtung wie vorhin getrieben wird, während durch die Röhre b neue Luft in den rechten Zylinder gesogen wird. Beim jedesmaligen Heben oder Senken des Glaszylinders G_1 wird demnach ebensoviel Luft durch den Apparat geschickt, wie das Wasser in den Zylindern Volumen hat. Das Volumen der beim einmaligen Heben oder Senken durchgepreßten Luft läßt sich auch durch Auffangen derselben in einem Meßzylinder über der pneumatischen Wanne bestimmen.

b a

Fig. 13a.

b a

Fig. 13b.

Einen Versuch stellt man folgendermaßen an. Der Zinkbehälter des Vorwärmgefäßes wird mit siedendem Wasser gefüllt und durch den darunter befindlichen dreifachen Brenner im Kochen erhalten. Darauf wird das Kalorimetergefäß leer und mit Wasser gefüllt gewogen und auf das Ansatzrohr des Vorwärmgefäßes geschoben. Nun liest man während 6 Minuten etwa alle 2 Minuten an einem in $^1/_{10}{}^0$ eingeteilten Thermometer die Temperaturen des Kalorimeterwassers ab. Darauf schickt man Luft durch das Apparatensystem, wobei wiederum in regelmäßigen Intervallen von etwa 2 Minuten die Temperatur gemessen wird; zugleich zählt man die Anzahl der Hebungen und Senkungen des beweglichen Glaszylinders. Nachdem man mit dem Durchschicken der Luft aufgehört hat, beobachtet man wie zu Beginn des Versuchs in denselben Intervallen die Zunahme der Temperatur während 6 Minuten. Während des ganzen Versuchs ist durch fortwährendes Rühren dafür Sorge zu tragen, daß die Temperaturverteilung im Kalorimetergefäß gleichmäßig ist.

Die Resultate eines während des Unterrichts ausgeführten Versuchs mögen noch beigefügt werden. Das aus Messing bestehende Kalorimetergefäß wog leer 165 g,

mit Wasser gefüllt 305 g; hieraus findet man den gesamten Wasserwert des Kalorimeters zu 156 g. Der Zylinder wurde 28 mal gehoben und gesenkt; da bei einmaliger Bewegung 0,329 l durch den Apparat getrieben wurden, die herrschende Lufttemperatur 18° und der Luftdruck 76 cm betrug, so betrug das gesamte durchgepreßte Gasvolumen im Normalzustand $\frac{0,329 \cdot 28}{1,07}$ l, was ein Gewicht von $\frac{0,329 \cdot 28 \cdot 1.293}{1,07}$ g bedeutet.

Die Temperaturzunahme des Kalorimeters wird in ihrer Abhängigkeit von der Zeit durch die beistehende Tabelle bzw. durch die graphische Darstellung in Fig. 14 angegeben. In der Zeit von $12^h\,07^m$ bis $12^h\,13^m$ und von $12^h\,25^m$ bis $12^h\,31^m$ hat die Temperatur des Kalorimeters sich nur infolge der Wärmeleitung und der Ein- bzw. Ausstrahlung von Wärme geändert; in der Zeit von $12^h\,13^m$ bis $12^h\,25^m$ hingegen auch durch die Abgabe von Wärme seitens der strömenden Luft. Die Temperaturzunahme des Kalorimeters in den ersten 6 Minuten ist pro Minute im Mittel 0,10°; dagegen in den letzten 6 Minuten pro Minute im Mittel 0,057°. Für die Zwischenzeit von $12^h\,13^m$ bis $12^h\,25^m$ habe ich als Temperaturzunahme infolge Leitung und Strahlung pro Minute das Gesamtmittel aus 0,10° und 0,057°, d. h. 0,076° genommen; während der ganzen 12 Minuten beträgt hiernach die Temperaturzunahme durch Leitung und Strahlung 0,912°. Da die gesamte Temperaturzunahme während dieser Zeit 18,60° — 16,31° = 2,29° beträgt, so entfällt auf die Abgabe der Wärme seitens der strömenden Luft eine Temperaturzunahme von 2,29° — 0,91° = 1,38°. Die aufgenommene Wärme ist somit 1,38 . 156 Grammkalorien.

Zeit	Temperatur	Differenz
$12^h\,07^m$	15,71°	
09	15,94	0.23°
11	16,13	0,19
* 13	16,31	0,18
15	16,70	0,39
17	17,10	0,40
19	17,47	0,37
21	17,82	0,35
23	18,21	0,39
* 25	18,60	0,39
27	18,71	0,11
29	18,82	0,11
31	18,94	0,12

Fig. 14.

Um die von der Luft abgegebene Wärme zahlenmäßig auszudrücken, muß man ihre spezifische Wärme x mit ihrem Gewichte und ihrer Temperaturerniedrigung multiplizieren. Die Anfangstemperatur der Luft wird gleich der Temperatur des Wassers im Vorwärmgefäß angenommen; sie betrug bei dem Versuch 97,5°; ihre Endtemperatur ist gleich dem Mittel aus 16,31° und 18,60°, d. h. gleich 17,56° zu setzen. Während nämlich bei der Mischungsmethode für feste und flüssige Körper die ganze Masse des erhitzten Körpers sich auf die Endtemperatur des Kalorimeterwassers abkühlt, ist bei diesem Versuch die Temperatur der aus dem Kalorimeterrohr entweichenden Luft jeweilig gleich der während des Moments des Entweichens im Kalorimeter herrschenden Temperatur. Die von der Luft abgegebene Wärmemenge ist somit gleich $\frac{0,329 \cdot 28 \cdot 1,293}{1,07} \cdot (97,5 - 17,5) \, . \, x$ Grammkalorien. Durch Gleichsetzung der abgegebenen und der aufgenommenen Wärme erhält man für die spezifische Wärme der Luft den Wert

$$x = \frac{156 \cdot 1,38 \cdot 1,07}{0,329 \cdot 28 \cdot 1,293 \cdot 80} = 0,2417 .$$

Sämtliche im vorstehenden beschriebenen Apparate werden von der Firma Leppin & Masche, Berlin SO., Engelufer 17, geliefert.

Über ein Unterrichtsmodell des periodischen Systems der Elemente.

Von
Prof. Dr. **Ernst Beutel** in Wien.

Die Verfolgung der Brownschen Molekularbewegung durch Gouy, Felix Exner und Perrin, die Größenbestimmung von Goldteilchen mit 0,8 Millionstel mm Durchmesser durch Zsigmondy, die Zentrifugierung „echter" Lösungen durch Lobry de Bruyn und Calcar sowie die experimentelle Bestätigung der von Einstein und Smoluchovsky auf molekular-theoretischer Grundlage aufgestellten Gesetze über die Diffusionsgeschwindigkeit kolloidaler Lösungen durch Svedberg haben die von Ostwald und seiner Schule lange Zeit mit Recht abgelehnte alte Atomtheorie in ein ganz neues Licht gerückt, ja ihren endgültigen Sieg höchstwahrscheinlich gemacht. Die großartige Entwicklung der Elektronik hat uns ferner eine so bedeutsame Anschauung vom Baue der Atome selbst gewährt, daß die alte hypothetische Annahme, daß alle Materie von wenigen Bausteinen gebildet ist, deren Verband und Quantität allein die Art des Atoms bedingt, heute wieder in den Mittelpunkt des Interesses gerückt erscheint. Hiermit hat auch das periodische System der Elemente außerordentlich an Bedeutung gewonnen, ist die Grundlage der Deduktion der modernen Lehr- und Handbücher und das Punktum saliens des Unterrichtes in der anorganischen Chemie geworden. In dankenswerter Weise hat Brauner das periodische System für den Unterrichtsgebrauch in Form einer großen vorzüglichen Wandtafel[1]) herausgegeben; doch macht sich vielfach das Bedürfnis nach einer anschaulicheren Darstellung geltend, welche die Beziehungen der Elemente zueinander klarer und packender zum Ausdrucke bringt als dies eine flache Tafel tun kann. Gilt doch auch hier der Ausspruch Lord Kelvins: „Es scheint mir, daß der wahre Sinn der Frage, ob wir einen speziellen Gegenstand physikalisch verstehen oder nicht verstehen, der ist: können wir uns ein entsprechendes mechanisches Modell machen? Ich bin nie zufrieden, bis ich mir nicht ein Modell des Gegenstandes habe machen können; kann ich ein mechanisches Modell machen, so verstehe ich; solange ich mir kein mechanisches Modell machen kann, verstehe ich nicht." Von allen Vorschlägen, die Zeichen der Elemente räumlich anzuordnen, scheint mir nun der Crookessche, sie längs einer Lemniskatenspirale auf einem Doppelzylinder aneinander zu reihen, als der geeignetste, weil hierdurch das Mendelejewsche System in völlig ungezwungener Weise und in der von dem großen Forscher bis an sein Ende verteidigten Form zum Ausdrucke kommt. In einem in der „Royal Institution" zu London am 18. Februar 1887 gehaltenen Vortrage sind die Keime zu diesem Vorschlage enthalten, indem die Elemente nach einem Entwurf von Emerson Reynolds längs den Schwingungen eines Pendels angeordnet werden. In der von Preyer besorgten deutschen Ausgabe[2]) findet sich in einem Zusatze des Herausgebers: „Das Schema des Stammbaumes der Elemente" die Lemniskatenanordnung bereits mit dem Hinweise entwickelt, daß Crookes ein großes Modell anfertigen ließ, das sie zum Ausdrucke bringt. In einer schematischen Skizze findet sich diese Anordnung dargestellt, ohne daß auf die Ausführung des Modelles eingegangen wird.

Dem Schema selbst mangeln die damals bereits entdeckten Elemente Helium und Argon, deren Unterbringung im System solche Schwierigkeiten bereitete, daß Preyer an der elementaren Natur des letzteren zweifelte. Auch fehlen natürlicher-

---

[1]) „Das periodische System der Elemente von Mendelejew." Erklärende Einleitung für den Gebrauch der Wandtafel, herausgegeben von Prof. Dr. B. Brauner. Leipzig, S. Hirzel. 1910.

[2]) Crookes, „Die Genesis der Elemente." Zweite deutsche Ausgabe von Preyer. Braunschweig 1895.

weise die erst später entdeckten Edelgase Neon, Krypton und Xenon sowie auch das Radium, denen mittlererweile Crookes die richtigen Plätze angewiesen hat[3]).

Wenn es nun der Verfasser unternahm, das Preyersche Schema zu ergänzen und (ohne das Originalmodell zu kennen) ein neues Modell zu bauen, so wurde er

Fig. 1.
Unterrichtsmodell des periodischen Systems der Elemente.

hierbei von dem Wunsche geleitet, für den Chemie-Unterricht ein einfaches und grundlegendes Lehrmittel zu schaffen, das sich überall mit geringen Kosten und mit wenig Mühe herstellen läßt und sowohl für die Hochschule als auch für die Mittelschule geeignet erscheint.

---

[3]) Crookes: „Die Stellungen von Helium, Argon und Krypton im System der Elemente". Zeitschr. f. anorg. Chemie **18**, 72—76.

Für den Bau des **Modelles** (Fig. 1) genügen einige dünne Glasröhren, einige Windungen Draht, etwa hundert Korkstöpsel, etwas Kartonpapier, ein Brett und etwas Siegellack. Zunächst wird der **Grundriß** entworfen: auf einer Grundplatte von 1,2 m Länge und 0,5 m Breite werden, wie aus Fig. 2 ersichtlich ist, zwei Kreise aufgetragen, die sich berühren und einen Durchmesser von 45 cm besitzen. Die Kreise werden vom Berührungspunkte 0 ausgehend in acht Teile geteilt, wodurch die Punkte + 1 bis + 7 und — 1 bis — 7 erhalten werden.

Fig. 2.
Schematischer Grundriß des Modelles.

Nun wird an die **Herstellung der Atomgewichtsmaßstäbe** geschritten: auf ein starkes Zeichenblatt werden in Abständen von 4 zu 4 mm 250 parallele Linien von etwa 15 cm Länge gezogen, worauf das Papier senkrecht zur Lineatur in **Streifen** von 0,5 cm Breite geschnitten wird. Die hierdurch gewonnenen **Skalen** werden an den zehnten Teilstrichen beziffert und in 15 Glasröhren eingeführt, die ca. 1,1 m lang sind und ein Lumen von 5 mm besitzen. An den Enden dieser Röhren werden die Maßstäbe durch kleine Korke und mit etwas Siegellack befestigt.

Die auf diese Weise hergestellten Atomgewichtsmaßstäbe sind an den Punkten 0, + 1 bis + 7 und — 1 bis — 7 aufzustellen. Zu diesem Zwecke werden sie in **zylindrische Basisstöpsel** (3 cm Durchmesser, 3 cm Höhe) eingesetzt, die an den bezeichneten Punkten mit Leim oder Siegellack befestigt werden. (Vgl. Fig. 1.)

Das Modell ist nun zur **Aufnahme der Atomzeichen** bereit. Diese werden auf kreisförmige Kartonpapiervignetten geschrieben, die auf zylindrische Korke von 2,5 cm Durchmesser und 1,5 cm Höhe geklebt werden. Die Korke sind parallel zur Zylinderbasis durchbohrt und werden auf die Stäbe geschoben.

Der **Stab 0** nimmt die Zeichen der Edelgase auf. Zunächst werden die zwei in diese Gruppe gehörenden, bisher noch unentdeckten Elemente durch leere Vignetten markiert und verbleiben am unteren Ende des Stabes vorläufig noch ohne Einstellung. Nun folgt das Zeichen des **Xenons** X, das seinem Atomgewichte[4]) entsprechend bis zum Skalenstriche 129 geschoben wird. (Die Achse des Korkzylinders, der das Zeichen trägt, hat den Skalenstrich zu schneiden.) Dem **Xenon** folgt das **Argon**, das **Neon** und das **Helium**, deren Zeichen auf die Skalenstriche 39,5, 20 und 4 gestellt werden, womit der Stab 0 bis auf die Einstellung der Zeichen der beiden noch unentdeckten schwersten Elemente erledigt ist.

Auf den Stab + 1, der die Zeichen der **positiveren Untergruppe** der ersten Gruppe der Elemente (der Mendelejeffschen Einteilung genau folgend) aufzunehmen hat, schieben wir die mit *Li*, *K*, *Rb* und *Cs* bezeichneten Korkvignetten auf die Skalenpunkte 6,9, 38,8, 84,8, 131,8 und versehen ihn außerdem mit zwei vorläufig unbezeichneten Marken, deren Einstellung wir später zu besorgen haben.

Der Stab + 2 hat die Zeichen der **positiveren Untergruppe der zweiten Gruppe** der Elemente zu tragen. Das Zeichen des schwersten Elementes dieser Gruppe, des **Radiums**, wird an den Punkt 224 geschoben. Ihm folgt eine leere, noch nicht einstellbare Vignette, worauf die Zeichen *Ba*, *Sr*, *Ca* und *Be* an den entsprechenden Punkten 136,3, 86,9, 39,8 und 9 eingestellt werden.

Der Stab + 3 ist für die Aufnahme der **positiveren Untergruppe der dritten Gruppe** der Elemente bestimmt und trägt daher an den betreffenden Skalenstrichen

[4]) Die Atomgewichte sind auf $H = 1$ bezogen.

von oben nach unten die Zeichen *B*, *Sc*, *Y*, *La* und außerdem zwei leere Vignetten, die bisher noch unentdeckte Elemente markieren.

Die Stäbe + 4 bis + 7 tragen die Zeichen der positiveren Untergruppen der vierten bis siebenten Gruppe der Elemente an den ihren Atomgewichten entsprechenden Stellen, also Stab + 4: die Zeichen *C*, *Ti*, *Zr*, *Ce* und *Th*; Stab + 5: *N*, *V*, *Nb* und *Ta*; Stab + 6: *O*, *Cr*, *Mo*, *W* und *U*; Stab + 7: *F* und *Mn*. Die fehlenden und die in ihrer Stellung im System noch unsicheren Elemente der seltenen Erden werden vorläufig durch leere Vignetten markiert, worauf die Hälfte der Zeichen aller Elemente (mit Ausnahme der achten Gruppe) untergebracht ist.

Die rechte Hälfte des Modelles hat die negativeren Untergruppen aufzunehmen: Stab — 1 jene der I. Gruppe, Stab — 2 die der II. usf. Stab — 7 trägt schließlich die Zeichen der negativeren Untergruppe der VII. Gruppe.

Nun werden die Vignetten durch einen Aluminiumdraht von ca. 2 mm Durchmesser miteinander verbunden, indem der Draht auf der Rückseite der Trägerkorke mit Reißnägeln oder geeigneten Drahtstiften befestigt wird. Von der Null-Linie (Symmetrieachse) beginnend, zieht der Draht vom *He* mit dem Atomgewichte 4 nach links zum *Li* (mit dem nächst höheren Atomgewichte 6,9) zum *B* (10,9) und *C* (11,9), wendet sich zur Symmetrieachse zurück und erreicht diese, nachdem er die Punkte *N*, *O* und *F* durchlaufen hat, im Punkte 20 (*Ne*). Von hier geht er auf die rechte Hälfte des Modelles über, durchläuft die Punkte *Na*, *Mg*, *Al*, *Si*, wendet sich und kehrt über *P*, *S* und *Cl* zur Null-Linie zurück, die er im Punkte 39 schneidet. Hierher setzen wir, die arithmetische Reihe der Atomgewichte durchbrechend, das Zeichen des Argons (Atomgewicht 39,6).

Nun ist eine aus zwei Hälften gebildete Schleife geformt, die ihre Fortsetzung nach rechts nimmt und über *K* (38,8), *Ca*, *Sc*, *Ti*, *V*, *Cr* zum *Mn* läuft. Die dritte eben gebildete Schleifenhälfte (*Ar*—*Mn*) liegt zur ersten (*He*—*F*) fast genau parallel, sie erreicht jedoch an ihrem Ende, die Null-Linie im Punkte 59 schneidend, im Gegensatz zu jener kein Edelgaszeichen.

In seinem weiteren Verlaufe zieht der Draht durch die Punkte *Cu*, *Zn*, *Ga*, *Ge* und gelangt am Ende der zweiten vollen Schleife auf der Null-Linie zum Punkte 82 mit dem Zeichen des Edelgases Krypton. Dieses steht auf der Symmetrieachse (Null-Linie) unterhalb des Argons (39,5). Der zwischen 39,5 und 82 liegende Schnittpunkt, der durch den Draht versinnbildlichten Kurve mit der Null-Linie, trägt, wie im vorigen Absatze erwähnt, kein Elementzeichen, die Kurve würde also hier ohne Übergang vom *Mn* (in der positiveren Untergruppe der VII. Gruppe) zum *Cu* (negativere Untergruppe der I. Gruppe) laufen, während sie weiter oben vom *Cl* (negativere Untergruppe der VII. Gruppe) zum *K* (in der positiveren Untergruppe der I. Gruppe) kommend, als Übergangselement das Zeichen des Edelgases *Ar* und weiter unten, wiederum von der negativeren Hälfte der VII. Gruppe (*Br*) zur positiveren Hälfte der I. Gruppe (*Rb*) laufend, das Zeichen des Edelgases Krypton passiert. Die erwähnte Lücke zwischen *Mn* und *Cu* läßt sich aber in trefflicher Weise durch die Zeichen der Elemente der VIII. Gruppe *Fe*, *Ni*, *Co* mit ihrer kolligativen Funktion ausfüllen. Die diese drei Zeichen tragenden Vignetten werden nicht auf Stäbe gesetzt, sondern mit Hilfe eines Einschnittes im Trägerkorke unmittelbar am Drahte befestigt. (In der Figur ist vom Atomzeichen *Co* der Buchstabe *C* verdeckt.)

Kehren wir zum Zeichen *Kr* zurück, bis zu welchem Punkte wir die zweite Drahtschleife geführt haben. Die dritte hier beginnende Schleife zieht über das *Rb*, *Sr*, *Y*, *Zr*, *Nb*, *Mo* (95,2) und über ein unbekanntes Element *a* zum Zeichen *Ag* (107). Sie schneidet den Stab + 7 im Punkte 99,2, dem voraussichtlichen Atomgewichte dieses unbekannten Elementes, auf welchem Punkte wir daher die Zylinderachse des Trägerkorkes des Zeichens *a* einzustellen haben. Die Null-Linie selbst wird im Punkte 103,2 geschnitten. Zwischen diesem und dem Punkte 107 (*Ag*) liegen, und

zwar auf der Kurve selbst, die Punkte 100,9, 102,1 und 105,9, die der zweiten Triade der VIII. Gruppe (*Ru*, *Rh*, *Pd*) entsprechen, deren Zeichen also hier zu befestigen sind.

Über die Zeichen *Cd*, *In*, *Sn*, *Sb* (119,3) trifft die Kurve den Stab — 6 ungefähr im Punkte 125. Dem Atomgewichte des Antimons folgt das des Jods (125,9), dessen Zeichen nun hierher zu stellen wäre, während das Zeichen des Tellurs (126,5) zu folgen hätte. Da nun aber das Tellur naturgemäß in dieselbe Gruppe wie der Schwefel und das Selen, und anderseits das Jod in die das Chlor und Brom enthaltende Gruppe gehört, unterbrechen wir hier, ähnlich wie im Falle *K*—*Ar*, ausnahmsweise die bisher eingehaltene Reihenfolge und setzen das Elementzeichen des Tellurs trotz der höheren Atomgewichtszahl vor das *J*. Wir sind dann genötigt, den Draht aus seiner stetigen Krümmung zu bringen. Spätere Atomgewichtsbestimmungen des Tellurs dürften diesen Knick möglicherweise ausgleichen[5]).

Beim Zeichen *X* ist die dritte Schleife vollendet, worauf die Kurve über die Elementzeichen *Cs* und *Ba* zum Zeichen *La* und somit in das Gebiet der Metalle der seltenen Erden gelangt. Von ihnen hat man nur dem Lanthan und dem Cer in den positiveren Untergruppen der III. resp. IV. Gruppe einen sicheren Platz angewiesen, während die Stellung der übrigen noch so unsicher ist, daß sie häufig gänzlich außerhalb des Systems gestellt werden. Der Verfasser hat sie nach den aufsteigenden Atomgewichten geordnet und die mit den entsprechenden Zahlen versehenen Vignetten auf die entsprechenden Skalenpunkte jener Stäbe geschoben, die durch den Kurvenverlauf als ihre Träger bestimmt erscheinen. Stab + 5 trägt somit die Zahl 139,5 (*Pr*), Stab + 6 die Zahl 142,5 (*Nd*), Stab + 7 die Zahl 149,2 (*Sa*), Stab — 3 die Zahl 156 (*Gd*), Stab — 4 die Zahl 158 (*Tb*), Stab — 5 die Zahl 161 (*Dy*), Stab — 7 die Zahl 169,4 (*Tu*) und Stab + 1 die Zahl 171,8 (*Yb*).

Die Unsicherheit dieser Einreihung ist für den Unterricht dadurch zur Genüge angedeutet, daß die im übrigen bedeutend kleiner gewählten Vignetten nicht die Zeichen der Elemente selbst, sondern nur die Atomgewichtszahlen tragen. Zwischen 149,2 und 156 wurden auf den Stäben — 1 und — 2 zwei leere Plätze durch Vignetten mit den Zeichen *d* (153) und *e* (155) angeordnet.

Die Symmetrieachse wird von der Mitte der vierten Schleife im Punkte 151 geschnitten. Da, wie wir bei der zweiten und dritten Schleife gesehen haben, die Schleifenmitte dazu bestimmt erscheint, die Triaden der Elemente der VIII. Gruppe zu tragen, haben wir auch hier eine solche Triade zu erwarten. Als eines ihrer Glieder ist möglicherweise das Europium (*Eu*) mit dem Atomgewichte 150,1 anzusehen, dessen Atomgewichtszahl wir hierselbst vignettieren, während wir die beiden anderen Mitglieder dieser Triade mit *b* und *c* bezeichnen.

Das Ende der vierten Schleife trifft nach Passierung des Punktes 169,4 die Null-Linie im Punkte 171, woselbst die fünfte Schleife analog allen anderen mit einem Element der Null-Gruppe zu beginnen hat. Diesem bisher noch unentdeckten Element geben wir das Zeichen *g*.

Die fünfte Schleife schneidet zu Beginn ihres Verlaufes den Stab + 1 im Punkte 171,8, entsprechend dem Ytterbium und trifft als nächstes bekanntes Element das Tantal mit dem Atomgewicht 179,6 am Stabe — 5. Zwischen *Yb* und *Ta* haben wir drei unbekannte Elemente *h*, *i* und *k* mit den hypothetischen Atomgewichten 174, 177 und 178 zu markieren, worauf wir zu den Zeichen *Ta* und *W* und über ein weiteres unbekanntes Element *l* (mit dem hyp. Atomgewichte 187,5) in der Schleifenmitte zu der scharf definierten Triade *Os*, *Ir*, *Pt* und im weiteren Verlaufe der Kurve zu den wohlbekannten Elementen *Au*, *Hg*, *Tl*, *Pb* und *Bi* (206,5) gelangen. Nach

[5]) Marckwald, Ber. der Deutschen Chem. Ges. **40**, 4730—38, findet für Tellur 126,85 ± 0,02, also kleiner als Jod 126,92 (bezogen auf Sauerstoff).

Passierung zweier unbekannter Elemente *m* (209) und *n* (214) schneidet das Ende der fünften Schleife die Null-Linie im Punkte 218, den wir mit *o* vignettieren.

Die nun beginnende sechste Schleife enthält heute nur die drei radioaktiven Elemente Radium, Thorium und Uran, deren Zeichen sich auf den Stäben + 2, + 4 und + 6 befinden, und zwischen denen zwei unbekannte Elemente mit den hypothetischen Atomgewichten 228,5 und 233 durch die Zeichen *q* und *r* markiert werden. Vom *U* abwärts läuft die Kurve in ein völlig unbekanntes Gebiet.

Kehren wir vom tiefsten Punkte des Modelles zu unserem Ausgangspunkte *He* zurück, und verfolgen wir die Kurve nach oben, so treffen wir den Stab — 1 im Punkte 1 und haben hierher das Zeichen des Wasserstoffes zu stellen. Dieses Element bildet somit ein Glied der negativeren Untergruppe der VII. Gruppe *Cl, Br, J,* und wir haben hier die einzige Abweichung vom Mendelejewschen System zu verzeichnen, das den Wasserstoff in die I. Gruppe der Elemente einreiht. Die Möglichkeit der Zuteilung des Wasserstoffes zur Halogengruppe wurde indes bereits von mehreren Forschern, namentlich von Orme Masson, erörtert und verteidigt, während sie das moderne Handbuch der anorganischen Chemie von Abegg ablehnt. Wie diese Frage auch entschieden werden sollte, so ist hier doch auf die bereits von Mendelejeff aufgezeigte Tatsache hinzuweisen, daß sowohl der Wasserstoff als auch die ihm folgenden Elemente *Li, Be, B, C, N, O, F, Na* und *Mg* ganz ausgesprochene Individualitäten besitzen, sich von den schwereren Mitgliedern ihrer Gruppen bedeutend unterscheiden und nicht in demselben Maße wie die übrigen Elemente Atomanaloge bilden. Um die besondere Stellung, die sie im System einnehmen, hervorzuheben, hat Mendelejew diese Elemente die typischen genannt, und wir können, um sie zu markieren, ihre Zeichen, dem Beispiele der Braunerschen Tafel folgend, mit roter Farbe zeichnen. Schreiben wir in Verfolgung eines weiteren Vorschlages Brauners die Zeichen der elektropositiveren Elemente mit blauer Tinte, so lehrt uns ein einziger Blick auf das Modell, daß seine ganze linke Hälfte elektropositiver ist als die rechte.

Eine eingehende Betrachtung der im vorliegenden Modelle getroffenen Anordnung sowie des Verlaufes der Lemniscatenspirale soll den Gegenstand einer weiteren Abhandlung bilden. Hier sei über diesen Verlauf nur folgendes erwähnt: Würden die Atomgewichte der aneinandergereihten Elemente stetig um einen konstanten Betrag zunehmen, so wäre er ein vollständig regelmäßiger, die Lemniscatenspirale ließe sich durch eine einfache Formel ausdrücken und würde, in eine Ebene aufgerollt, als gerade Linie erscheinen. Schon ein Blick auf das Modell lehrt uns jedoch, daß dies nicht der Fall ist: stellenweise verläuft die Kurve flach, an anderen Stellen zeigt sie einen stärkeren Abfall, und auch die Abstände der einzelnen Schleifen voneinander haben verschiedene Werte. Die Maschen des durch die Stäbe und den Draht gebildeten Netzes sind infolgedessen unregelmäßige Trapeze, die nicht kongruent sind. Entrollt man die Kurve auf ein Millimeterpapier, indem man die Atomgewichte, in Strecken ausgedrückt, als Ordinaten auf einer in gleiche Teile geteilte Abszissenachse aufträgt, so erhält man eine vielfach interferierte Wellenlinie, aus der man bei näherer Betrachtung wichtige Gesetzmäßigkeiten im Verlaufe der einzelnen Viertel und Hälften der Schleifenlinie des Modelles nach abwärts ableiten kann. Da dieser Verlauf ausschließlich durch die Differenzen der aufeinanderfolgenden Atomgewichtszahlen bedingt ist, kommt man am Schlusse der Untersuchung dieser Differenzen und ihrer Mittelwerte zu dem folgenden, für das Verständnis des inneren Zusammenhanges des periodischen Systems bedeutungsvollen Satze: Versinnbildlicht man die Atomgewichtszahlen aller im Mendelejeffschen System liegenden Elemente durch Strecken, die man auf einen Strahl aufträgt, so erhält man das Bild einer unregelmäßigen Longitudinalwelle. Die Stellen größter Verdichtung der Hauptwelle liegen in der ersten kleinen und in der zweiten Hälfte

der dritten großen Periode. Auf dieser Hauptwelle liegt eine zweite, anfänglich 16, später durchschnittlich 18 Punkte umfassende Welle, mit der schließlich eine dritte 8 resp. 9 Punkte zählende Welle interferiert. Die Amplituden der Welle nehmen im allgemeinen von Serie zu Serie zu, wobei eine Serie sämtliche Elemente einer Schleife des vorliegenden Modelles umfaßt*).

Unterrichtsversuche zur Demonstration der Eigenschaften des Wechselstroms.

Von

Dr. **Ad. Lindemann** in Hamburg.

Die Gesetze, denen das Fließen des Wechselstroms unterliegt, sind erheblich verwickelter als die entsprechenden für den Gleichstrom. Bei letzterem bestimmen die aufgewandte E.M.K. und der Widerstand durch das Ohmsche und Joulesche Gesetz sowohl Stromstärke als auch Stromarbeit. Der Wechselstrom ist außer von diesen Faktoren auch von der Selbstinduktion und der Kapazität des Stromkreises abhängig, die oft in höherem Grade als der Ohmsche Widerstand die Stromstärke beeinflussen. Aber auch wenn letztere gegeben, ist eine Berücksichtigung der „Phasenverschiebung" nötig, um die Arbeit bzw. Leistung des Stromes zu bestimmen.

Ein Einblick in diese Verhältnisse ist von großem Vorteil sowohl für ein tieferes Eindringen in die Wechselstromtechnik als auch besonders als Grundlage für die Versuche mit elektrischen Schwingungen. Nichtsdestoweniger werden sie im Unterricht der höheren Schulen wenig behandelt. Man pflegt sich hier in der Regel auf eine Besprechung der Wechselstromgeneratoren und -motoren zu beschränken. Allenfalls zeigt man noch, daß der Wechselstrom sich transformieren läßt. Es liegt dies einerseits daran, daß eine auch für quantitative Untersuchungen ausreichende Klarlegung der genannten Erscheinungen nur mit Hilfe der Differentialrechnung möglich ist. Sobald diese aber so weit gefördert ist, daß sie mit Erfolg auf derartige Probleme angewandt werden könnte, pflegt es an Zeit zu fehlen. Andererseits erfordern die üblichen Messungen an Wechselströmen kostspielige Apparate, wie Dynamometer u. dgl., die sonst wenig im Unterricht Verwendung finden können, weshalb man sie lieber nicht anschafft.

Im folgenden ist versucht worden, die wichtigsten Eigenschaften des Wechselstroms mit einem möglichst geringen Aufwand an Apparaten und ohne Verwendung der Differentialrechnung klarzulegen. Die Versuche sind den Verhältnissen angepaßt, wie sie vorliegen, wo Gleichstrom einer Zentrale zur Verfügung steht, der durch Umformung in Wechselstrom umgewandelt wird. Für direkt von der Zentrale gelieferten Wechselstrom eignen sie sich nur zum Teil.

Als Umformer benutze ich einen sogenannten Einanker-Umformer, wie er in vielen physikalischen Kabinetten vorhanden. Man kann bekanntlich von einem Gleichstrommotor mit Grammeschem Ring einphasigen wie auch dreiphasigen Wechsel-

---

*) *Anm. der Redaktion.* Das interessante Unterrichtsmodell, das sich auch vortrefflich für eine chemische Schülerarbeit (ausgeführt von einer Gruppe von Schülern) eignet, birgt allerdings gegenüber der üblichen flächenhaften Darstellung den Übelstand, daß zusammengehörige Elemente wie *Cl* und *F*, *O* und *S* räumlich getrennt sind. Da indessen dieser Übelstand dadurch gemildert wird, daß diese Elemente, nur durch das Vorzeichen getrennt, in gewissem Sinne symmetrischen Stäben angehören, so wollten wir das Modell wegen seiner sonstigen Vorzüge der Anordnung unsern Lesern nicht vorenthalten.

strom abnehmen, indem man außer dem gewöhnlichen Kollektor weitere, nicht unterteilte Schleifringe anbringt, die man mit bestimmten festen Punkten des Ringes verbindet. Nimmt man von zwei gegenüberliegenden Punkten des Ringes den Strom ab, so bekommt man einphasigen, verbindet man drei ein gleichseitiges Dreieck bildende Punkte mit drei Schleifringen, so kann man dreiphasigen Strom abnehmen. Diese Einanker-Umformer haben für experimentelle Zwecke Vorteile vor eigentlichen Wechselstrommaschinen: sie bedürfen keiner besonderen Antriebsmaschine, sind infolgedessen leicht in Betrieb zu setzen, die Wechselstromspannung läßt sich aus der aufgewandten Gleichstromspannung finden (s. u.), so daß ein Wechselstromvoltmeter entbehrt werden kann, und endlich läßt sich durch Vorschalten von Widerstand leicht die Tourenzahl der Maschine, also auch die Periodenzahl des Stromes regulieren, was für einige Versuche von Vorteil. Überdies läßt sich die Maschine auch als Gleichstrommotor und -dynamo verwenden, so daß sie einer sehr vielseitigen Verwendung im Unterricht fähig ist.

Um die Konstruktion der technischen Wechselstrommaschinen klarzulegen, kann man den Feldmagneten mit Gleichstrom speisen, den Grammeschen Ring durch irgendeine Kraftquelle drehen und aus ihm Wechselstrom entnehmen. Man braucht sich dann nur den Ring außen feststehend, den Feldmagneten innen rotierend zu denken, um die Anlage jener Maschinen zu verstehen.

Der von mir benutzte Umformer der Firma Ruhstrat-Göttingen hat den Vorzug, leicht transportabel und verhältnismäßig wohlfeil zu sein. Man kann demselben bei 78 Volt ca. 200 Watt Wechselstrom entnehmen, was für die meisten Zwecke genügt. Die Maschine wird auf besondere Bestellung mit 4 Schleifringen versehen, so daß man sowohl gewöhnlichen Wechselstrom als auch Drehstrom abnehmen kann. Sie ist nicht mit Grammeschem Ring, sondern mit Trommelanker versehen, was prinzipiell dasselbe ist, da man sich ja den Trommelanker aus dem Grammeschen Ring entstanden denken kann, indem man die einzelnen Windungen des letzteren um einen Eisenkern legt und entsprechend verbindet. Der gelieferte Strom hat normal 50 Perioden pro Sekunde, wie er in der Technik meistens verwendet wird, so daß technische Meßinstrumente, die meist auf diese Periodenzahl geeicht, ohne weiteres verwendbar sind. Die genannte Firma liefert auch einen dem Umformer angepaßten kleinen Transformator mit zwei Sekundärwicklungen, die den Strom auf 10 bzw. 4 Volt heruntertransformieren. Die 4 Volt-Wicklung reicht aus, einen 1 mm starken Eisendraht durchzubrennen, bei einem Aufwand von ca. 1,5 Amp. im Primärkreise. Der Transformator läßt sich auch anderweitig verwenden. So kann man z. B. mit seiner Hilfe die beim Schließen und Öffnen von Gleichstrom entstehenden Induktionsstöße durch das Aufeuchten kleiner Glühlampen demonstrieren, die man an die 78 Volt-Wicklung anschließt, während man einen stärkeren Strom durch eine der anderen Wicklungen sendet. Auch die infolge von Selbstinduktion auftretenden Ströme („Extraströme") lassen sich auf dieselbe Weise zeigen. Hierbei ist es zweckmäßig, die drei Wicklungen zu einer zu verbinden.

Überträgt man den Begriff der Stromstärke, wie er vom Gleichstrom bekannt, auf den Wechselstrom, so erhält man den „Momentanwert der Stromstärke", der mit i bezeichnet werden möge. Dieser schwankt, wie die theoretische Betrachtung eines im Magnetfelde rotierenden Drahtrechtecks oder besser ein Versuch mit der Braunschen Röhre zeigt, annähernd nach dem Sinusgesetz, so daß, wenn i_0 der Maximalwert der Stromstärke und n die Zahl der Perioden in der Sekunde, $i = i_0 \sin 2\pi n t$. Praktisch gebraucht wird als Maß der Stromstärke ihr „Effektivwert" J, ein Mittelwert, den man den Schülern recht anschaulich definieren kann als „Angabe eines beliebigen, mit Gleichstrom geeichten Hitzdrahtinstruments". Da die Wärmeentwicklung in jedem Augenblick proportional $i^2 w$, w aber konstant ist, so folgt daraus, daß das Quadrat von J der Mittelwert aller Momentanwerte der Größe i^2 ist. Dieser Mittelwert wird

in der Regel in der Weise aus i_0 berechnet, daß man zunächst, wie angegeben, das Mittel nimmt für zwei Momentanwerte $i_0 \sin \alpha$ und $i_0 \sin (90^0 - \alpha)$. Es ergibt sich:

$$J^2 = \frac{1}{2} (i_0^2 \sin^2 \alpha + i_0^2 \sin^2 [90^0 - \alpha]) = \frac{i_0^2}{2}, \quad \text{so daß} \quad J = \frac{i_0}{\sqrt{2}}.$$

An der Hand der Sinuskurve sieht man leicht, wie man in derselben Weise alle möglichen Momentanwerte kombinieren kann, so daß das berechnete Mittel den wirklichen Effektivwert darstellt. Soll für einen induktionsfreien Leiter das Ohmsche Gesetz erhalten bleiben, so muß in derselben Weise die effektive E.M.K., E des Wechselstroms, definiert werden. Bei einem Einanker-Umformer herrscht nun die maximale E.M.K. e_0 dann im Wechselstromkreise, wenn der Gleichstrom direkt von den Zuleitungsbürsten zu den Abnahmestellen für Wechselstrom hinüberfließt; e_0 ist also gleich der angelegten Gleichstromspannung. Dividiert man diese daher durch $\sqrt{2}$, so erhält man die Effektivspannung des gelieferten Wechselstroms.

In der Praxis werden statt der Hitzdrahtinstrumente vielfach Weicheiseninstrumente verwandt, die im einfachsten Falle in der Weise wirken, daß ein Draht von Weicheisen in eine Spule gezogen wird. Auch diese liefern einen quadratischen Mittelwert, da die Magnetisierung des Drahtes für den Meßbereich nahezu proportional der Stromstärke und der so gebildete Magnet mit einer Kraft in die Spule gezogen wird, die wiederum proportional der Stromstärke ist[1]).

Wie außerordentlich praktisch die Einführung der effektiven Stromstärke und Spannung für die Technik ist, erhellt beispielsweise daraus, daß bei Verwendung derselben die Spannungsbezeichnung auf den Glühlampen, die Stromstärkebezeichnung auf den Schmelzsicherungen sowie die Vorschriften für die Dicke der Leitungsdrähte dieselben sein können für Gleich- und Wechselstrom, was nicht der Fall sein würde, wenn man statt der Effektivwerte etwa die Maximalwerte oder einen auf andere Weise berechneten Mittelwert eingeführt hätte.

M

Fig. 1.

Der Unterschied zwischen Gleich- und Wechselstrom läßt sich — wie vielleicht noch nicht hinreichend bekannt ist — recht drastisch mit Hilfe einer Glühlampe zeigen. Nähert man einer mit Gleichstrom betriebenen Lampe einen Magneten, so kann man beobachten, wie der als Stromspule wirkende Faden angezogen bzw. abgestoßen wird. Wird die Lampe von Wechselstrom durchflossen, so gerät der Faden in lebhafte Schwingungen (Fig. 1). Sucht man die Lampe passend aus und stimmt den Strom, indem man Widerstand vor die Maschine legt, auf die Schwingungsdauer des Fadens ab, so kann man erreichen, daß der Faden bis fast an die Wandungen des Glases schwingt. Der Versuch läßt sich natürlich auch in der Weise umkehren, daß man Gleichstrom durch die Lampe sendet und die Ablenkung durch eine wechselstromdurchflossene Spule mit unterteiltem Eisenkern bewirkt.

Um zu zeigen, daß der Wechselstrom im Gegensatz zum Gleichstrom dauernd Induktionswirkungen ausübt, läßt sich natürlich der erwähnte Transformator ver-

[1]) Das kleine Weicheiseninstrument der Firma Gans & Goldschmidt-Berlin mit einem Meßbereich von 1/2—5 Amp. — auch für Gleichstrom verwendbar — reicht für die folgenden Versuche aus (M 22,—).

wenden. Aber auch schon bei Benutzung ungeschlossener Felder bekommt man kräftige Wirkungen. Sehr übersichtlich ist die folgende Anordnung: Man leitet den Wechselstrom unter Vorschaltung eines Regulierwiderstandes in eine Magnetisierungsspule, etwa eine solche, wie sie zum Hineinziehen eines Eisenkernes üblich ist. In diese steckt man einen unterteilten Eisenkern, den man aus geglühtem Eisendraht leicht selbst herstellen kann. Man nimmt diesen so lang, daß er noch ein gutes Stück aus der Spule hervorragt. Über dieses Ende schiebt man eine zweite Spule, an die man eine kleine Glühlampe anschließt. Bei Verwendung einer Spule von 250 Windungen bei 0,6 Ω Widerstand konnte ich so eine 22 Volt-Lampe bequem zum Leuchten bringen. Funkeninduktoren sind zur Demonstration der Induktionswirkung wenig geeignet. Man bekommt im Verhältnis zum Betriebe mit Gleichstrom nur geringe Spannungen.

Der Unterschied zwischen Ohmschem und Wechselstromwiderstand tritt sehr schön zutage, wenn man die erwähnte Magnetisierungsspule von ca. $^1/_2$ Ω Widerstand direkt mit der 4 Volt-Wicklung des Transformators verbindet. Es fließt so ein Strom von 3,2 Amp., der bei Einführung eines unterteilten Eisenkernes auf 0,4 Amp., beim Einführen eines massiven auf 0,75 Amp. zurückgeht. Zeigt man die Erscheinung ohne Verwendung des Transformators mit Hilfe einer Spule von mehr Windungen und größerem Widerstand, so ist die Wirkung nicht so überraschend, da der Unterschied um so größer ist, je kleiner der Ohmsche Widerstand der Spule. Die technische Wichtigkeit der gefundenen Widerstandsvergrößerung läßt sich z. B. dadurch erläutern, daß man zeigt, daß die Primärspule des Transformators — bei offener Sekundärspule — von nur etwa 1 Amp. durchflossen wird, trotzdem sie nur etwa 1 Ω Widerstand hat und 78 Volt unmittelbar daran gelegt sind. Auch die Verwendung der „Drosselspulen" gehört hierher.

Der experimentelle Nachweis der Tatsache, daß der Wechselstrom auch „ungeschlossen" fließt, wenn man nämlich eine Kapazität einschaltet, begegnet bei einem Strom von 50 Perioden Schwierigkeiten wegen der erforderlichen großen Kapazitäten. Empfehlenswert sind für solche Versuche die kleinen von der Firma Mix und Genest in den Handel gebrachten Kapazitäten[2]), von denen man mehrere zusammenschaltet. Bei 8—10 Mikrofarad kann man bereits einen kleinen Ausschlag des Amperemeters beobachten, den Öffnungsfunken auch bei kleineren Kapazitäten.

Über den Energieverbrauch des Wechselstroms kann man mit einer für den Unterricht ausreichenden Genauigkeit auf folgende Weise Messungen anstellen: Man macht 3 Versuche: 1. Man läßt die Maschine leer laufen. 2. Man verbindet die Abnahmestellen für Wechselstrom mit einer Spule mit Selbstinduktion — beispielsweise der Primärspule des Transformators — unter Einschaltung eines Wechselstromamperemeters. 3. Man leitet den Wechselstrom durch einen induktionsfreien Widerstand und reguliert diesen so, daß dieselbe Stromstärke hindurchfließt wie beim Versuch 2. Bei allen drei Versuchen soll die Maschine mit derselben Tourenzahl laufen, also dieselbe Reibungsarbeit leisten. Dies ist annähernd erfüllt, wenn man durch vorgeschalteten Widerstand die an die Maschine gelegte Spannung konstant hält, beispielsweise auf 100 Volt. Die Wechselstromspannung kann dann nach dem oben auseinandergesetzten als 70 Volt angenommen werden. Bei den einzelnen Versuchen liest man den erforderlichen Aufwand an Gleichstrom ab. Die Resultate einer solchen Versuchsreihe waren:

	Aufwand an Gleichstrom			Wechselstrom		
	Volt	Ampere	Watt	Volt	Ampere	Volt × Ampere
1	100	0,77	77			
2	100	0,99	99	70	1,03	72
3	100	1,48	148	70	1,03	72

[2]) Pro Stück à 2 Mikrofarad M 2,—.

Man sieht, daß bei Einschaltung eines induktionsfreien Widerstandes die für den Wechselstrom erforderliche Leistung: 148 — 77 = 71 Watt annähernd durch Multiplikation der Effektivwerte von Spannung und Stärke des Wechselstroms wiedergefunden werden kann. Bei Versuch 2) sind jedoch nur 22 Watt aufgewandt, während das Produkt EJ wiederum 72 ergibt. Es geht daraus hervor, daß dieses Produkt bei Anwesenheit von Selbstinduktion nicht ohne weiteres als Maß für die in der Sekunde verbrauchte Energie bzw. die Leistung des Stromes angesehen werden kann.

Dieses merkwürdige Resultat findet bekanntlich seine Erklärung durch die auftretende Phasenverschiebung. Man zeigt diese gewöhnlich mit Hilfe des Oszillographen oder der Braunschen Röhre. Beide verlangen einen ziemlich komplizierten Aufbau, zudem sind die Bilder der letzteren schlecht für ein ganzes Auditorium sichtbar.

Recht gut gelingt die Demonstration der Phasenverschiebung mit dem im folgenden beschriebenen Apparate des Verfassers[3]), der den Vorzug hat, so einfach zu sein, daß man ihn selber anfertigen kann. Er hat allerdings den Nachteil, daß er nur für Wechselstromquellen mit regulierbarer Periode verwendbar. Auch kann man ihn nicht wie die beiden genannten Apparate zur Demonstration von Stromkurven verwenden, da er Wechselströme beliebiger Kurvenform als sinusförmig wiedergeben würde.

Fig. 2. Fig. 3.

Auf die Pole eines Elektromagneten (Fig. 2 und 3) sind als Polschuhe zwei 3 mm starke, rechtwinklig gebogene Platten von Eisenblech gesetzt, die in der Mitte quadratische Öffnungen tragen und so gleichzeitig als Blenden dienen. An die eine Platte ist ein Brett geschraubt, das zwei Klemmvorrichtungen für zwei senkrecht zueinander stehende Messingfedern trägt. Die 52 mm langen, 3,5 mm breiten und 0,5 mm dicken Federn sind vorne mit Hilfe von zwei Flachzangen um 90° eingedreht und tragen einen angelöteten Ansatz von Schablonenblech, in das in der Federrichtung ein Spalt geschnitten. Von den Blechansätzen führt ein Lamettafaden zu einer Klemmschraube. Besser verwendet man zwei Fäden, da man so 3—4 Amp. durch die Vorrichtung senden kann. Sendet man Strom durch die Federn während das Feld erregt ist, so werden diese wie jeder stromdurchflossene Leiter senkrecht zu den Kraftlinien aus dem Felde herausgedrängt. Beim Hindurchsenden von Wechselstrom geschieht dies abwechselnd nach der einen und der anderen Seite, so daß die Federn in Schwingungen geraten. Um eine klare Erscheinung zu erhalten und auch schon bei geringen Stromstärken ein Ansprechen zu bekommen, ist es nötig, die Federn auf die mittlere Periode der Maschine abzustimmen. Das geschieht am besten, indem man einen Schraubkloben an der Maschine befestigt und in diesen die Federn einspannt. Hat man die richtige Länge gefunden, so bewirkt die mechanische Erschütterung durch den umlaufenden Anker, daß die Federn kräftige Resonanzschwingungen ausführen. Auf diese Weise kann man die Federn abstimmen, ehe der übrige Apparat angefertigt ist, so daß man die Dimensionen des Brettes und der

[3]) vgl. Physikalische Zeitschrift 13, S. 449, 1912.

Klemmvorrichtungen danach wählen kann. Die feinere Abgleichung der Federn auf dieselbe Schwingungsdauer ist dadurch möglich, daß man die eine Feder etwas verstellt, bis die beim Anschlagen der beiden Federn vom Kreuzungspunkt der beiden Spalte beschriebene Lissajoussche Figur stehen bleibt. Am besten stimmt man auf 40—45 Perioden ab, die man auch bei stark belasteter Maschine immer einregulieren kann.

Den Kreuzungspunkt der beiden Spalte beleuchtet man durch eine kleine Bogenlampe und entwirft von ihm ein beliebig vergrößertes Bild. Der entstehende quadratische Fleck zieht sich in ein Lichtband auseinander, wenn man durch eine der Federn bei erregtem Feld Wechselstrom von der richtigen Periode sendet. Läßt man die Lichtstrahlen vor ihrer Vereinigung auf dem Projektionsschirm an einem bewegten Spiegel reflektieren, so löst sich das Lichtband in eine Sinuskurve auf. Fließt Wechselstrom durch beide Federn, so entstehen Lissajoussche Figuren, aus denen in bekannter Weise auf die vorhandene Phasendifferenz geschlossen werden kann. Die Fig. 4—9 sind photographische Aufnahmen solcher Schwingungsfiguren. Fig. 4 wurde

Fig. 4. Fig. 6. Fig. 8.

Fig. 5. Fig. 7. Fig. 9.

erhalten durch zwei Ströme von 0,5 Amp., beide induktionsfrei (durch Glühlampen) reguliert, Fig. 5 durch zwei Ströme von etwa 1 Amp., von denen der eine die Primärspule des erwähnten Transformators durchfloß. Es zeigt sich, daß die Phasen der beiden Ströme um etwas weniger als 90° gegeneinander verschoben sind. Fig. 6 ist erhalten durch den Entladungstrom einer Kapazität von 3 Mikrofarad und einen passenden induktionsfrei regulierten Strom. Bei größeren Kapazitäten wird auch die Schwingungsfigur größer — Fig. 7. Der Apparat arbeitet, wie Fig. 6 zeigt, schon bei sehr schwachen Strömen, doch ist es günstiger, wenn man Ströme von $^1/_2$—1 Amp. nimmt und dafür nicht völlig auf Resonanz abgleicht; die Figuren werden dann ruhiger.

Der Befund der Fig. 5 zeigt, daß beim Einschalten einer Selbstinduktion sich die Phase des Stromes gegen die der angelegten E. M. K. verschiebt. Das ist leicht erklärlich, wenn man beispielsweise an die beim Funkeninduktor auftretenden Vorgänge denkt, wo die Selbstinduktion bewirkt, daß bei Stromschluß der Strom erst allmählich zu seiner vollen Stärke anwächst, und daß nach Öffnung des angelegten Stromes noch ein Strom gleicher Richtung aus der Spule in den Kondensator fließt. Dieselbe Überlegung zeigt auch, daß in dem obigen Falle ein Teil des Stromes gar nicht von der Maschine geliefert wird, sondern von der Selbstinduktionsspule zur Maschine zurückfließt. Am klarsten tritt das in dem idealen, in der Wirklichkeit nur annähernd erreichbaren Falle in Erscheinung, wo die Phasendifferenz gerade 90

beträgt. Hier fließt immer in einer Viertelperiode ein Strom, welcher in der Richtung der von der Maschine gelieferten E.M.K. entspricht, in der folgenden jedoch ein Strom, der dieser entgegengesetzt ist, also nicht aus der Maschine Energie entnimmt, sondern Energie in dieselbe zurücksendet. Da, wie an der Hand der Kurven erkennbar, in jeder Viertelperiode dieselben Momentanwerte des Produkts ei wiederkehren, nur mit entgegengesetztem Vorzeichen, so ist die hineingesandte Energie gleich der herausgenommenen — wir haben den „wattlosen Strom" oder „Leerstrom" vor uns.

Beträgt die Phasendifferenz nicht 90°, sondern $\pm\varphi$, so ist, wenn die E. M. K. $e = e_0 \sin 2\pi n t$, $i = i_0 \sin(2\pi n t \pm \varphi) = i_0 \cos\varphi \,.\, \sin 2\pi n t \pm i_0 \sin\varphi \cos 2\pi n t$. Das heißt aber, daß man diesen Strom stets als Überlagerung von 2 Strömen auffassen kann. Der zweite ist, da in dem Gliede mit t der Cosinus auftritt, ein Leerstrom, der erste ist mit der E.M.K. in Phase und hat die Maximalstärke $i_0 \cos\varphi$. Für einen solchen Strom erhält man, wie aus dem oben beschriebenen Versuch 3) folgt, den Energieverbrauch pro sec. durch Multiplikation der Effektivwerte E und J. Diese sind hier E und $J\cos\varphi$, woraus sich der Wattverbrauch des betrachteten Wechselstroms zu $EJ\cos\varphi$ ergibt. Für den Versuch 2) läßt sich hiernach angenähert der

Fig. 10.

Fig. 11.

Fig. 12.

Fig. 13.

Phasenwinkel berechnen; es ist $72\cos\varphi = 22$, woraus für φ rund 72° folgt. Ein ähnlicher Wert folgt aus Fig. 5. Für gleiche Amplituden der beiden Schwingungen ist nämlich, wie hier nicht näher ausgeführt werden kann, $\operatorname{tg}\frac{\varphi}{2}$ gleich dem Achsenverhältnis der Ellipse. Es ergibt sich $\operatorname{tg}\frac{\varphi}{2} = \frac{8.6}{11,4}$, $\varphi = 74°$.

Der beschriebene Apparat läßt sich noch zur Demonstration mancher anderen Erscheinungen verwenden. So zeigen die beiden auf dieselbe Platte genommenen Aufnahmen Fig. 8 und 9, von denen Fig. 8 im wesentlichen mit Fig. 5 identisch ist, während bei Fig. 9 aus der Sekundärspule des Transformators Strom entnommen wurde, die für die Theorie des Transformators wichtige Tatsache, daß bei offener Sekundärspule derselbe nahezu von einem Leerstrom durchflossen wird, während bei Entnahme von Strom sich der Strom der Primärspule der E.M.K. in der Phase nähert, so daß ein merklicher Energieverbrauch stattfindet.

Die Fig. 6 und 7 zeigen, daß auch eine Kapazität die Phase des Stroms gegen die E.M.K. verschiebt. Durch ein einfaches Mittel läßt sich zeigen, daß sie hier in entgegengesetzter Richtung verschoben wird, als bei Einschaltung einer Selbstinduktion. Wenn man nämlich wieder die Lichtstrahlen vor ihrer Vereinigung auf dem Projektionsschirm von einem in der Hand — immer in derselben Richtung — bewegten Spiegel reflektieren läßt, so erblickt man an der Zimmerdecke Kurven wie die in Fig. 10—13 dargestellten. Die Spitzen bzw. Schleifen der entstehenden Zykloiden sind die Stellen, wo die Geschwindigkeit des Lichtflecks der Spiegelgeschwindigkeit entgegengesetzt ist. Diese befinden sich bei Fig. 10 und 11, welche durch Einschalten

einer Selbstinduktion in den Stromkreis der einen Feder erhalten sind, unten, in den Fig. 12 und 13, wo eine Kapazität im Stromkreise lag, oben. Der Lichtfleck rotiert also in dem ersten Falle in entgegengesetzter Richtung als im zweiten. Die Figuren sind nicht durch Verwendung eines Spiegels, sondern durch Aufnahme mit bewegter Kamera erhalten.

Die Phasenverschiebung durch Selbstinduktion kann man auf folgende einfache Weise zur Erzeugung eines Drehfeldes benutzen: Man schickt (Fig. 14), eventuell unter Vorschaltung eines Widerstandes, Wechselstrom durch eine Spule mit vielen Windungen dünnen Drahtes ohne Eisenkern (Sekundärspule für die gewöhnlichen Induktionsversuche), so daß $^{1}/_{2}$—1 Amp. hindurchfließen. Parallel dazu schaltet man in einen Stromkreis die Primärspule des Transformators oder eine andere größere Selbstinduktion und eine Spule mit verhältnismäßig wenigen Windungen, in die man einen unterteilten Eisenkern steckt. Durch Herausziehen des letzteren kann man die Felder gegeneinander abgleichen. Die Spulen legt man rechtwinklig zueinander auf den Tisch. Dazwischen kommt eine runde Scheibe von weichem Eisenblech, die mit Hilfe eines in eine zentrale Durchbohrung gekitteten Glashütchens auf eine Nadel gesetzt wird. Sind die Felder richtig abgeglichen, so fängt die Scheibe an, infolge der Hysteresis des Eisens lebhaft zu rotieren. Beim Umkehren eines der Ströme oder einer der Spulen rotiert die Scheibe in entgegengesetzter Richtung. Durch aufgeklebte Papierfahnen läßt sich die Bewegung weithin sichtbar machen. Die Rotation einer Magnetnadel im Drehfelde zu zeigen, gelingt viel schwerer. Da das Feld entsprechend der Periode des Stromes in der Sekunde 50mal umläuft, vermag die Nadel nicht so schnell zu folgen und wird eventuell fortwährend ummagnetisiert.

Fig. 14.

Der letztgenannte Versuch bildet einen guten Übergang zur Erzeugung des Drehfeldes durch Drehstrom und zur Konstruktion der Drehstrommotoren.

Die Verwendung des Le Chatelier-Pyrometers beim Unterricht.

Von

Prof. Dr. **Friedrich C. G. Müller** zu Brandenburg a. H.

Das Le Chateliersche Thermoelement aus Reinplatin und zehnprozentigem Platinrhodium hat in Technik und Wissenschaft zur Bestimmung hoher Temperaturen eine solche Bedeutung erlangt, daß es im höheren Unterricht nicht nur erwähnt, sondern auch verwendet werden sollte. Deshalb habe ich für Schulzwecke eine Sonderausführung dieses Instrumentes durch die Firma Heraeus zu Hanau bewerkstelligt, die sich vor der Klasse und im Laboratorium so bewährt hat, daß eine Beschreibung an dieser Stelle willkommen sein dürfte.

Der Aufbau des Thermoelementes ist aus Fig. 1 ersichtlich. Es wird durch die 0,2 mm dicken, 35 cm langen Drähte *AA* und *BB* gebildet, die unten in einem winzigen Kügelchen zusammengeschmolzen sind. Die Drähte stecken in Quarzglaskapillaren *CC* und diese in einem 30 cm langem Schutzrohr aus Nickel *D* von 8 mm Dicke und 1 mm Wandstärke. Die Drahtschleife überragt die Kapillaren um 1 cm, welche

ihrerseits ebensoviel aus dem Schutzrohr hervorragen. Das untere Ende des Schutzrohres ist auf 4 cm leicht abgesetzt zum Aufschieben einer 7 cm langen unten geschlossenen nahtlosen Hülse aus Reinnickel *E*. Das obere Ende des Rohres trägt einen kurzen Messingzylinder *F* mit Porzellankopf *G* und Anschlußklemme *H* nach der erprobten Heraeus-Konstruktion. Die thermoelektrische Kraft in Millivolt der von Heraeus stets in gleicher Beschaffenheit zu beziehenden Drähte entspricht nach den Prüfungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt der nachstehenden Tabelle und erleidet auch durch dauernden Gebrauch keine Veränderung.

$t =$	20	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
$e =$	0	2,19	3,13	4,10	5,11	6,15	7,22	8,32	9,46	10,64	11,84	13,08	14,36	15,66	17,00

Zum Ablesen der Spannungen und Temperaturen sind für technische Zwecke besondere Millivoltmesser eingeführt, die, abgesehen von ihrem hohen Preise, wegen der Kleinheit der Skalen und Zeiger selbstverständlich für Demonstrationen vor einer größeren Zuhörerschaft nicht geeignet sind. In dieser Hinsicht können nur Lichtzeigergalvanometer in Frage kommen. Wo solche nebst dem nötigen Zubehör für Demonstrationen vorhanden sind, wird man leicht die passende Zusammenstellung treffen können, um mittels des Le Chatelier-Elements hohe Temperaturen weithin sichtbar messen zu können.

Ich benutzte das in dieser Zeitschrift *XXII, 1* von mir beschriebene einfache Lichtzeigergalvanometer, an dessen beiderseits bis zu 50 reichenden Skale die Lichtmarke von der ganzen Klasse bis auf $^1/_{10}$ Skalenteil genau abgelesen werden kann, bei ganz schwacher Abdunklung des Lehrzimmers. Es kommt der a. a. O. beschriebene Multiplikator von 250 Windungen mit 7,6 Ohm Widerstand zur Verwendung. Aus gleich zu erörternden Gründen mußten aber größere Vorschaltwiderstände zugeschaltet und die Empfindlichkeit mittels des Richtmagneten entsprechend erhöht werden. Für den Richtmagneten — 25 : 2 : 0,3 cm — ist inzwischen ein besonderer auf der Galvanometerbank sicher gleitender Schlitten vorgesehen worden, dessen Stellung an dem Millimetermaßstab auf der Bankkante abgesehen werden kann. Wenn demnach eine bestimmte Empfindlichkeit einmal herausgebracht worden, so kann sie später immer sofort wieder hergestellt werden. Auf dem Schlitten ist für die Feineinstellung der Lichtmarke auf den Nullpunkt noch ein drehbarer kleiner Magnet in Gestalt einer magnetisierten Nähnadel angeordnet. Diese ganze Einrichtung hat sich als bequem und zweckmäßig erwiesen. — Eine zweckmäßige Empfindlichkeit ergibt sich nun, wenn 10 Millivolt den Ausschlag 26,0 hervorbringen; dann gehört zu 1600° der Ausschlag 44,3, je 100 Graden entsprechen 2,4—3,6 Skalenteile, und 0,1 Skalenteil 4—3 Graden, was die Genauigkeitsgrenze für die Ablesung aus 5 m Abstand bezeichnet. Eine solche Zustellung des Galvanometers geschieht leicht und hinreichend genau mittels eines großplattigen Akkumulators, dessen E.K., wenn sie nach dem Aufladen stationär geworden, sehr konstant 1,97 Volt beträgt. Bringt man also den Widerstand des ganzen Stromkreises auf 19,7 Ohm und zweigt von einem mit eingeschalteten 0,1 Ohmstück zum Galvanometer ab, so liegt dies an 10 Millivolt. Schließlich bringt man die Lichtmarke durch Verschiebung des Richtmagneten auf den Skalenstrich 26. —

Fig. 1.

Es bedarf nun noch einer hinreichend groß und deutlich gezeichneten in der Klasse aufzuhängenden Temperaturkurve, die als Abszisse die Skalenteile, d. h. die mit 2,6 multiplizierten Millivoltziffern der obigen Tabelle enthält, und als Ordinaten die zugehörigen Temperaturen. Auch kann eine besondere Temperaturskala angefertigt werden: Bei 100 cm Skalenabstand müssen deren Striche liegen wie folgt:

$t =$	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
$a =$	5,7	8,1	10,7	13,4	16,2	19,0	21,9	25,0	28,3	31,6	34,9	38,5	42,4	46,5

Diese Skala ist hinsichtlich der Winkelverdoppelung korrigiert. (Man vergleiche diese Zeitschr. *22, S. 5.*) Es bleibt nun zu überlegen, wie groß der Widerstand im Galvanometerkreis sein muß, damit die thermische Widerstandszunahme der Drähte des Thermoelements keinen störenden Fehler veranlaßt. Unser Thermoelement hat bei 20^0 einen inneren Widerstand von 3,35 Ohm, oder 1 cm Doppeldraht 0,096 Ohm. Der Temperaturkoeffizient des Reinplatins ist $3{,}9.10^{-3}$, der des Platinrhodiums $1{,}7.10^{-3}$, mithin für den Doppeldraht $2{,}8.10^{-3}$. Demnach würde sich der Widerstand eines Zentimeters für je 358 Grade um 0,096 Ohm vermehren. Das bedeutet bei 100 Ohm ein zuwenig von rund 1 Promille, entsprechend 0,36 Grad. Für n mal 358^0 würden $n^2.0{,}36$ Grade zu wenig angezeigt. Das macht für 1600^0 7,1 Grade. Für 1400^0 5,45, für 1200^0 4,0, für 900^0 $2{,}2^0$. Diese Fehler sind zu vernachlässigen, überdies unterhalb 1000^0 an der Galvanometerskala aus der Ferne nicht mehr beobachtbar. Nun ist aber die Hauptverwendung des Instruments im Unterricht die Bestimmung der Temperaturen von Flammen und heißer Gasströme. Zu dem Zweck wird die freie Lötstelle in die Flamme gebracht, wobei von der Drahtschleife in der Regel nicht mehr als 1 cm auf hohe Temperatur kommt.

Demgegenüber muß bei Schmelzpunktsbestimmungen oder zur Feststellung der Glühgrade die Nickelhülse aufgesteckt bleiben. Sie wird dann auf 4—5 cm die zu bestimmende Temperatur annehmen. Außerdem wird durch Leitung noch ein Stück des Rohrs erhitzt. Um einen sicheren Anhalt zu gewinnen, habe ich den Zuwachs des Widerstands nach der Brückenmethode direkt gemessen, welcher eintrat, wenn das Hülsenende 4 cm lang in einem kräftigen Brenner auf Rotglut gehalten wurde, die einer Temperatur von 900^0 entspricht. Es ergaben sich Zunahmen von 0,9—1,0 Ohm, also von ungefähr 0,9 ‰, was einer Korrektion von + 8 Graden entspricht. Hiernach würde sich folgende Korrektionstabelle ergeben:

600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400
+ 4	5	6,5	8	10	12	14	16	19

Als bei einem andern Versuche 6 cm auf Hellrot gebracht wurden, vermehrte sich der Widerstand um 1,43 Ohm.

Darnach ist es möglich, den fraglichen Fehler bis auf eine zu vernachlässigende Größe zu korrigieren. —

Die Schüler müssen selbstverständlich auf das Bestehen jenes Fehlers und seine ungefähre Größe hingewiesen werden. Die Hauptsache ist, experimentell festzustellen, daß das Instrument richtig zeigt. Zunächst geschieht das mit dem Temperaturpunkt 100^0, dem gemäß der Eichkurve 0,7 Millivolt, also am Galvanometer 1,6 entspricht. Man läßt einen kräftigen Strahl Wasserdampf aus einem 8 mm weiten Rohr blasen und bringt die Lötstelle mitten in die Mündung. Die Lichtmarke geht sofort auf 1,6. Als höherer Festpunkt ist die Temperatur des erstarrenden Zinks (419^0) wegen der hohen Schmelzwärme (27) dieses Metalls besonders gut zu bestimmen. Man schmilzt etwa 600 g in einem 100 ccm fassenden Tontiegel und treibt die Temperatur erheblich über den Schmelzpunkt. Nun taucht man das senkrecht eingespannte, mit der Schutzhülse versehene Thermoelement 4 cm tief ein. Die Lichtmarke des Galvanometers wird schnell über 9 hinausgehen, langsam bis 8,6 zurückweichen und dort längere Zeit fest verbleiben, bis völlige Erstarrung eingetreten. Um das Instrument wieder frei zu erhalten, richtet man die Flamme einer Gebläselampe wagerecht gegen den Tiegelboden, bis das Metall wieder flüssig geworden, wobei sich der Haltpunkt 8,6 wieder zeigt, wenn auch weniger scharf wie beim Erstarren. Nachher wird die abgezogene Hülse erhitzt und von anhaftendem Zink mittels eines Asbestbausches befreit. Sollte sie sich verzinkt zeigen, so wird sie durch Eintauchen in verdünnte Salzsäure und Abbürsten leicht gereinigt. Es braucht kaum gesagt zu werden, daß die Platindrähte durchaus nicht mit Zink oder einem andern Metall im

heißen Zustande in Berührung kommen dürfen. Der Tiegel mit dem Metall wird aufbewahrt und kann wiederholt verwendet werden.

Diese Feststellungen sollen zeigen, wie es möglich ist, mit der beschriebenen Apparatenzusammenstellung hohe Temperaturen bis 1600° genau zu bestimmen. Indessen ist es für Unterrichtszwecke belanglos, ob Glühtemperaturen absolut genommen um 18 Grade zu hoch oder zu niedrig angezeigt werden. Deshalb bringe ich den Widerstand des Stromkreises für gewöhnlich nicht auf 100 Ohm, sondern auf etwa 25 Ohm. Die dabei vorzuschaltenden 15 Ohm befinden sich in Gestalt eines 2 m langen, 0,3 mm dicken Manganindrahts auf einem kleinen Röllchen mit Anschlußklemme, welches auf der Schutzröhre des Thermoelements dicht unterhalb des Kopfes festgekeilt wird. Die Empfindlichkeit braucht dann nur wenig über die natürliche gesteigert zu werden, so daß sich die Nadel fast augenblicklich einstellt und allen Temperaturschwankungen schnell folgt, was gerade die interessantesten Beobachtungen ermöglicht und das Experimentieren ungemein beschleunigt.

Auch die Regelung der Galvanometerempfindlichkeit kann sehr einfach und hinreichend genau bewerkstelligt werden, wenn man die Temperatur in der Spitze einer Bunsenflamme als Festpunkt nimmt. Es ist dazu ein gewöhnlicher Bunsenbrenner mit Hülse, Stern und Schornstein erforderlich. Wenn die Flamme mit innerem, hellblauen Kegel rauschend brennt, herrscht an ihrer Spitze im Punkte *A* Fig. 2 eine Temperatur von 1420°; verringert man den Lufteintritt, bis die Flamme gerade gleichmäßig violett erscheint, so sinkt die Temperatur in *A* auf 1390. Die zugehörigen Galvanometerausschläge sind 38,0 und 37,0. Selbst bei monatelang auseinanderliegenden Beobachtungen ergaben sich für unser Brandenburger Leuchtgas die nämlichen Werte. Ob die Flamme voll brennt oder durch Zudrehen des Gashahns auf halbe Höhe gebracht wird, ist gleichgültig. Man hat also weiter nichts nötig, als vor der jedesmaligen Ingangsetzung des Apparats die Lötstelle in den heißesten Punkt der Bunsenflamme zu bringen und den erfolgenden Galvanometerausschlag durch Verschiebung des Schlittens mit dem Richtmagneten auf 38,0 bzw. auf 37,0 zu stellen. Es genügen 5 Minuten, um den ganzen Apparat aus der Sammlung zu holen und betriebsfähig zu machen; der Abbau ist noch schneller erledigt.

Den Beschluß dieser Mitteilungen mögen noch einige Andeutungen über die Verwendbarkeit des beschriebenen Instruments machen. Daß ein so handliches Thermoelement auch im Laboratorium und bei Forscherarbeiten gute Verwendung finden kann, bedarf hier keiner langen Erörterung. Uns interessiert es heute als ein neues Hilfsmittel des Experimentalunterrichts. In dieser Hinsicht ist die Schilderung und Vorführung der thermoelektrischen Pyrometrie schon an sich lehrreich genug. Das Hauptinteresse aber bieten einige vor den Schülern schnell sichtbar werdende Flammentemperaturen. Vorzüglich eignet sich dabei unser Bunsenbrenner. Wir geben zunächst so starken Luftzutritt, daß die Flamme rauscht und den hellblauen inneren Kegel erhält. Führt man nun die Lötstelle des horizontal eingespannten Thermoelements der Reihe nach zu den Punkten *A*, *B*, *C*, *D*, *E* (Fig. 2), so zeigt das Galvanometer sofort die Temperaturen 1420, 1420, 1360, 1320, 170. Verringert man den Luftzutritt, bis der innere Kegel soeben verschwunden ist und die ganze Flamme gleichmäßig violett aussieht, so ergeben sich in denselben Punkten die Temperaturen 1390, 1390, 540, 170.

Fig. 2.

Man hat bei Bestimmung der Randtemperatur die Schleife des Thermoelements nicht radial, sondern tangential in den Flammenmantel einzuführen, damit nicht nur die Lötstelle, sondern auch noch einige Millimeter Draht auf die volle Temperaturhöhe kommen; andernfalls würde der Draht wärmeableitend wirken. Aus ähnlichem Grunde muß bei der Bestimmung der Temperatur im kalten Innern die Lötstelle über die Mitte der Flamme hinaus dem gegenüberliegenden Rande möglichst nahe-

gebracht werden, damit eine Strecke kalten Drahtes zwischen ihr und dem im Rande glühenden Drahtstück liegt. Ich hatte wegen dieses Umstandes schon daran gedacht, statt 0,2 mm-Draht halb so dicken zu verwenden; dann aber würden sich die aus der thermischen Widerstandszunahme entspringenden Fehler vervierfachen. Wenn man aber geeignete hochempfindliche Spiegelgalvanometer, denen Tausende von Ohm vorzuschalten sind, zur Verfügung hat, wäre mit Rücksicht auf die Flammenuntersuchung allerfeinster Draht gewiß empfehlenswert.

Den Beobachtungen an der Bunsenflamme folgen einige Versuche mit der Gebläselampe. Es zeigt sich, daß die Besenflamme 1510° heiß ist, die Stichflamme sogar bis gegen 1600°.

Eine Alkoholflamme zeigte an der heißesten Stelle 1280°, eine Schwefelflamme nur 1050°.

Die ganze Reihe der vorstehenden Bestimmungen von Flammentemperaturen läßt sich binnen 15 Minuten erledigen, was vom lehrtechnischen Standpunkt aus sehr erfreulich ist.

Eine andere Gruppe wichtiger pyrometrischer Beobachtungen betrifft die Glühgrade. Man verwendet dabei das Thermoelement mit aufgesteckter Nickelhülse. Diese wird in horizontaler Lage mittels Bunsenbrenner oder Gebläselampe auf einen bestimmten Grad des Glühens gebracht und darauf kurze Zeit festgehalten. Bei stark verdunkeltem Zimmer wird bei 570° der Beginn des Glühens wahrgenommen. Bei 700° glüht die Hülse allen Schülern sichtbar dunkelrot; bei 860° rot, bei 1000° hellrot, bei 1200° leuchtend gelb. Höhere Glühgrade erzeugt man nicht an der Hülse, sondern an einem aufgeschobenen Zylinder aus zusammengerolltem dünnen Platinblech.

Das Erweichen gewöhnlichen Glases erfolgt bei 630°. Dies zu zeigen, wird statt der Hülse ein gleichweites Glasrohr aufgeschoben und erhitzt, bis es zusammensinkt.

Interessant sind auch die Temperaturverhältnisse der von Flammen aufsteigenden Gasströme. An der Zylindermündung eines gewöhnlichen Auerbrenners fand sich eine Höchsttemperatur von 910; der heißeste Punkt liegt aber wohl stets infolge der unzentrischen Strumpflage nicht in der Mitte. Nach Fortnahme des Strumpfes zeigte die nämliche Lampe am Zylinderausgang 1110°. Eine Petroleumlampe von 14 mm Dochtdurchmesser gab an der Zylindermündung mitten 840°, am Rande 480, 5 cm höher herrschte noch eine Höchsttemperatur von 710, 10 cm höher 660°. —

Der Preis des beschriebenen Thermoelements stellt sich auf 40 M.

Ein handliches Mikromanometer.

Von

Dr. **K. Schreber** in Greifswald.

Bei sehr vielen Aufgaben der Physik, namentlich bei denen, welche jetzt durch die Entwickelung der Luftverkehrsmittel große Bedeutung gewonnen haben, bedarf man sehr empfindlicher Manometer. Nach dem Prinzip der Manometer mit zwei Flüssigkeiten habe ich mir Mikromanometer hergestellt, welche mit großer Empfindlichkeit sehr leichte Ablesbarkeit und bequemes Aufstellen verbinden. Da sie außerdem auch noch recht billig sind, so sollen sie im nachfolgenden beschrieben werden.

In ein weithalsiges Einmacheglas wurde ein ebenfalls weites Reagensglas gestellt, welches ein wenig kürzer war als jenes (s. Fig.). Die Hälse müssen so bemessen sein, daß durch den Ringraum bequem zwei Röhren bis tief in die Gefäße gesteckt werden können. Geschlossen werden beide Gläser durch einen Doppelkork, den man sich herstellt, indem man den für das Reagensglas passenden an dem für das Einmache-

glas passenden gut befestigt. Er wird viermal durchbohrt; zwei Durchbohrungen gehen durch beide Korke in das Reagensglas, die anderen beiden durch den einfachen Kork in den Ringraum zwischen beiden Gläsern. Natürlich ist es nicht nötig, daß die vier Durchbohrungen in einer Ebene liegen.

Nun biegt man sich ein möglichst langes U-Rohr und steckt den einen Schenkel durch beide Korke, so daß er im Reagensglas endet; den anderen dagegen durch den einfachen Kork, so daß also durch das U-Rohr eine Verbindung zwischen beiden Gläsern hergestellt wird. In die anderen beiden Durchbohrungen steckt man einfach kurze Glasröhren. Es ist vorteilhaft, die Biegung des U-Rohres recht scharf zu nehmen, damit beide Schenkel dicht beieinander liegen. Die Durchbohrungen des Korkes muß man natürlich nach der Biegung des U-Rohres einrichten, um dessen Schenkel hindurchstecken zu können. Man darf sich dabei allerdings ziemlich weitgehend auf die Biegsamkeit des Glases verlassen.

Beide Gefäße und das U-Rohr werden mit Flüssigkeiten von nahezu gleichem spezifischen Gewicht so gefüllt, daß die Berührungsfläche der Flüssigkeiten im U-Rohr liegt.

Bezeichnen wir das spezifische Gewicht der Flüssigkeit im Reagensglase mit s_i, das derjenigen im äußeren Gefäß mit s_a, wobei wir zunächst annehmen wollen, daß $s_i > s_a$; ferner mit h, η_i und η_a die vertikale Entfernung der Trennungsfläche im U-Rohr und der freien Oberflächen in den beiden Gefäßen von einem beliebigen so tief gelegenen Niveau, daß alle drei Größen positiv sind, und schließlich mit r, r_i und r_a die Radien des U-Rohres und der beiden Gefäße, dann bekommen wir einen Ausdruck zur Beurteilung der Empfindlichkeit auf folgende Weise.

Befindet sich die gemeinschaftliche Trennungsfläche beider Flüssigkeiten in dem Schenkel des U-Rohres, welcher in das innere Gefäß taucht, so muß, wenn auf beiden freien Flächen der Atmosphärendruck ruht, die Flüssigkeit im inneren Gefäß höher stehen als im äußeren, und man erhält

$$0 = h(s_i - s_a) - \eta_i s_i + \eta_a s_a .$$

Lastet auf der freien Oberfläche des inneren Gefäßes der schwache Überdruck p, so sind die Einstellungen der Flächen bezogen auf dasselbe Nullniveau h', η_i', η_a', und man erhält

$$p = h'(s_i - s_a) - \eta_i' s_i + \eta_a' s_a .$$

Durch Subtraktion beider Gleichungen ergibt sich

$$p = \Delta h (s_i - s_a) - \Delta \eta_i s_i + \Delta \eta_a s_a .$$

Die drei Verschiebungen Δh, $\Delta \eta_i$ und $\Delta \eta_a$ sind nun durch die Bedingung miteinander verknüpft, daß durch den Druck p eine bestimmte Flüssigkeitsmenge aus dem inneren Gefäß durch das U-Rohr in das äußere gepreßt worden ist. Dadurch erhält man

$$\Delta \eta_i = - \Delta h \frac{r^2}{r_1^2} \qquad \text{und} \qquad \Delta \eta_a = + \Delta h \frac{r^2}{r_a^2 - r_1^2} .$$

Setzt man das ein, so findet man

$$p = \Delta h \left(s_i - s_a + \frac{r^2}{r_1^2} s_i + \frac{r^2}{r_a^2 - r_1^2} \cdot s_a \right)$$

oder

$$p = \Delta h \left(s_i - s_a + \frac{r^2}{r_1^2} s_i \left[1 + \frac{r_1^2}{r_a^2 - r_1^2} \frac{s_a}{s_i} \right] \right) .$$

Aus dieser Form erkennt man, daß der vorteilhafteste Wert für den Radius des inneren Gefäßes gegeben ist durch die Bedingung

$$\frac{s_i}{s_a} = \frac{r_1^4}{(r_a^2 - r_1^2)^2};$$

in Worten: die freien Oberflächen im inneren Gefäß und im Ringraum müssen nahezu gleich sein.

Setzt man das ein und nimmt für das von den Radien abhängige Glied $s_i = s_a$ an, so erhält man:

$$p = \Delta h \left(s_i - s_a + \frac{r^2}{r_1^2} 2 s_i\right).$$

Man muß also, um große Empfindlichkeit zu erzielen, nicht nur $s_i - s_a$ klein machen, sondern auch r/r_i. Aus Rücksicht auf die Reibung darf man r nicht zu klein wählen; man wird also suchen, möglichst weite Gefäße zu nehmen.

Man wird gut tun, diese Formel nur zu benutzen, um die günstigsten Bedingungen kennen zu lernen, die wirkliche Empfindlichkeit aber nachher empirisch zu bestimmen mit Hilfe eines Wassermanometers, das man mit einem empfindlichen Kathetometer oder Mikroskop abliest. Die Formel gibt nur eine Annäherung, weil das Volumen des in Flüssigkeit tauchenden Glases nicht berücksichtigt ist.

Die Flüssigkeiten, welche man benutzen will, müssen nahezu gleiches spezifisches Gewicht haben, sie dürfen sich gegenseitig nicht beeinflussen, sie müssen eine scharfe Trennungsfläche bilden, Glas nahezu gleich stark benetzen und bei Zimmertemperatur einen schwachen Dampfdruck haben. Ich habe mich schließlich für Azetessigester und Kochsalzlösung entschieden. Bei dieser Auswahl hat mich mein Kollege Prof. Strecker vom chemischen Laboratorium in dankenswertester Weise unterstützt. Der Ester löst sich etwas in der Kochsalzlösung; nachher besitzen aber beide eine scharfe Trennungsfläche wie Äther und Wasser. Beide Flüssigkeiten besitzen ein sehr verschiedenes Lichtbrechungsvermögen, so daß man die Trennungsfläche leicht erkennen kann, obgleich beide wasserklar sind. Für Vortragszwecke empfiehlt es sich, den Ester mit Höchster Pigmentrot (diazotiertem p-Nitranilin gekuppelt mit β-Naphtol), zu färben.

Um das lange U-Rohr vollständig zu füllen, bin ich folgendermaßen vorgegangen. Nachdem ich die Röhren durch den Doppelkork gesteckt, in das Reagensglas die passende Menge Azetessigester und in das Einmacheglas Kochsalzlösung gegeben hatte, füllte ich das U-Rohr in umgekehrter Stellung vollständig mit der Kochsalzlösung und preßte dann über den äußeren Schenkel einen kleinen Korkhut, den ich mir herstellte, indem ich aus einer Korkscheibe von vielleicht $6 \div 8$ mm Dicke mit dem passenden Korkbohr eine Vertiefung von $3 \div 4$ mm heraushob. Dieser Korkhut muß von außen straff an das Rohr anschließen und vollständig mit der Kochsalzlösung durchtränkt sein. Beim Aufsetzen muß man darauf achten, daß man keine Luftblase abschließt; ist es doch geschehen, so muß man sie durch den anderen Schenkel entfernen. Ist durch den Hut der eine Schenkel verschlossen, so darf man das U-Rohr hinreichend weit umdrehen, um das innere Gefäß über seinen Kork schieben zu können, ohne daß Luft eintritt. Dann darf man das U-Rohr vollständig aufrecht stellen und den Doppelkork auf das Einmacheglas, zunächst lose, aufsetzen. In diesem muß soviel Kochsalzlösung sein, daß der Korkhut schon jetzt untertaucht. Nachdem man das in das innere Gefäß führende Rohr durch einen Gummischlauch mit Quetscher abgeschlossen hat, wird der Hut mit einem dünnen Stab von seinem Rohr herunter gestoßen, ohne daß dieses aus der Kochsalzlösung herauskommt, und nun der Kork fest eingedrückt.

Da die spezifischen Gewichte beider Flüssigkeiten nahezu gleich sind, so müssen ihre freien Oberflächen nahezu in eine Ebene fallen. Das kann man natürlich nicht von vornherein gut treffen. Es ist vorteilhaft im äußeren Gefäß zuerst zu wenig

Flüssigkeit zu haben. Dann tritt, sobald man den Quetscher öffnet, Flüssigkeit aus dem inneren in das äußere Gefäß über, indem die Trennungsfläche im U-Rohr hoch steigt. Steigt sie zu hoch, so muß man mit Hilfe eines engen Rohres, welches ohne anzuliegen durch das im Kork sitzende hindurchgeht, Kochsalzlösung nachfüllen, bis die Trennungsfläche bei geöffnetem Quetscher in passender Höhe stehen bleibt. War von Anfang an zuviel im äußeren Gefäß, so muß man, ehe man den Quetscher öffnet, mit Hilfe desselben engen Rohres den Überfluß herausheben.

Ein hinter das U-Rohr befestigter Papiermaßstab vervollständigt das Mikromanometer. Es genügt zu einer Aufstellung vollkommen, wenn man sich durch den Augenschein überzeugt, ob das lange Rohr vertikal steht. Ich habe mir schließlich drei solcher Manometer angefertigt; das eine gibt bei einem Druck von 1 mm Wassersäule einen Ausschlag von 20 mm, das zweite von 70 mm und das dritte von 230 mm.

Im Anschluß hieran möchte ich noch bemerken, daß man im U-Rohr sehr interessante Erscheinungen der Tropfenbildung beobachten kann. Bewegt sich die Trennungsfläche sehr schnell, so bleibt an der Wand eine dünne Schicht der Flüssigkeit haften, welche soeben noch die Stelle einnahm. Es bildet sich um die eine Flüssigkeit ein dünnes Rohr der anderen. Durch die Oberflächenspannung zieht dieses sich zu einem Wulst zusammen, der sich nach seiner Flüssigkeit hin bewegt, unter Umständen aber auch so dick wird, daß er von der anderen einen Tropfen abschnürt. Durch passendes Abwechseln von schnellem oder langsamem Heben oder Senken der Trennungsfläche kann man den Tropfen ebenso wieder mit seiner Flüssigkeit vereinigen wie man ihn hat entstehen lassen. Sehr schön zu beobachten ist, wie die mit einem endlichen Winkel das Glas berührende Trennungsfläche jenem Wulst folgt: Der Krümmungsmittelpunkt der Trennungsfläche liegt im Ester.

Kleine Mitteilungen.

Ein Apparat zur Demonstration des Flächensatzes.[1])

Von Dr. **O. Bartenstein** in Coburg.

Da meines Wissens in den Katalogen der Mechaniker ein Apparat zur Demonstration des Flächensatzes der Mechanik nicht aufgeführt ist, so dürfte folgender kurze Hinweis von Interesse sein:

In einem Metallrahmen *R R* drehen sich mit möglichst geringer Reibung zwei Massen *M M*, die sich leicht auf dem Stab *S S* horizontal verschieben lassen. Zwei Federn *F F* drücken die beiden Massen entgegen der Zentrifugalkraft nach der Achse *A A*. Die Massen werden zunächst nach außen geschoben und durch eine einfache Arretiervorrichtung im Innern des Stabes *S S* in ihrer Lage festgehalten. Ist der bewegliche Teil in langsame Rotation versetzt, dann löst man durch einen kurzen Druck auf die Achse die Arretierung: die Massen schnellen nach der Mitte, und entsprechend dem Flächensatz erfolgt jetzt die Rotation bedeutend rascher. Durch bloßes Umstellen der Federn läßt sich der Versuch leicht im umgekehrten Sinne anstellen.

Der Apparat ist nach meinen Angaben vom Mechaniker Hundt in Bamberg sehr sauber ausgeführt worden. Der Preis betrug 40 M.

[1]) Man vgl. hierzu den einfachen Freihandversuch bei Hahn I, Nr. 364.

Weiteres zur Verwendung des Fahrrades im Physikunterricht.

Von **W. Weber** in Limburg a. d. Lahn.

Recht vorteilhaft läßt sich das Fahrrad zum Antrieb einer kleinen Dynamomaschine, wie sie in den Lehrmittelsammlungen vorhanden zu sein pflegen, verwenden.

Zu diesem Zweck baut man aus Holz in einfacher Weise einen Bock (s. Fig.), der gut versteift, in ein entsprechend langes Grundbrett eingezapft wird. Der Bock erhält oben einen Einschnitt, in dem die Hinterachse des Fahrrades so ruht, daß das Rad frei spielen kann. Hierzu werden auf beiden Seiten der Achse die Aufsteigmuttern aufgeschraubt, die gewöhnlich nur auf der linken Seite vorhanden sind. Das Vorderrad kommt auf einen passend ausgearbeiteten Klotz zu stehen, um dem Sattel die richtige Lage zu geben. Als Riemen dient guter Polstergurt von etwa 3 cm Breite der am Stoß gut überlappt vernäht wird. Den Achsenabstand zwischen Dynamo und Hinterrad wählt man nicht unter 1,30 m.

Die Dynamo ist, um den Treibgurt nachspannen zu können, nicht unmittelbar auf das Grundbrett geschraubt, sondern vorerst auf eine Holzplatte, die drei oder v er Schlitzlöcher in ihrem über die Maschinenplatte vorstehenden Rande enthält.

In das Grundbrett sind von unten Schrauben von $^1/_2$" mit Linsenkopf und Vierkanthals eingelassen, die durch die Schlitze der Holzplatte reichen und mit ihren Muttern und Unterlagplatten die Maschine verschiebbar festklemmen. Kann man etwa ein altes Fahrrad ständig für diesen Betrieb benutzen, so füllt man den Luftschlauch des Hinterrades mit Wasser um eine größere Trägheit zu erreichen. Das Wasser kann man mittels jeder Luftpumpe mit etwas Geduld in den Schlauch einfüllen. Es empfiehlt sich noch, die Riemenscheibe der Dynamo mit Leder zu beziehen. Ein Abgleiten des Gurtes ist dann selbst bei Kurzschluß der Maschine fast ausgeschlossen; allerdings ist vorausgesetzt, daß Rad und Scheibe sorgfältig ausgerichtet sind.

Ich habe vor einigen Jahren diese Einrichtung zum gelegentlichen Aufladen einer Akkumulatorenbatterie von 10 Volt bei 2,5 Amp. benutzt.

Die Daten meines Apparates waren folgende:

1. Das Fahrrad. — Hinterraddurchmesser (Laufkreis) 712 mm, Kettenradübersetzung 16 zu 44 Zähne, Tretkurbelumdrehungen i. d. M.: 50.
2. Die Dynamo. — Gleichstromnebenschlußmaschine von Siemens & Halske, gebaut für 15 Volt, 10 Amp. bei 2900 Umdrehungen.

Bei 50 Umdrehungen der Pedale ergeben sich die Umdrehungen der Dynamowelle zu

$$\frac{712}{42} \cdot \frac{44}{16} \cdot 50 = 2330.$$

Diese Zahl wurde auch mit Tachometer direkt bestimmt; es ergab sich kein meßbarer Riemenschlupf.

Als größte für etwa zehn Minuten Dauer gut durchzuhaltende Leistung wurde gemessen: 12,5 Volt, 7 Amp. bei 2300 Umdrehungen. Hierbei konnte die Anstrengung beim Treten etwa einer Fahrt auf 3% Steigung verglichen werden. Zur Feststellung der wirklichen Leistung an den Tretkurbeln wurde die Dynamo als Motor an Spannung gelegt und so reguliert, daß die Kurbeln etwa 50 Umdrehungen machten. Bei 12 Volt Klemmspannung waren etwa 1,8 Amp. hierzu erforderlich. Hiernach

ergibt sich als größte Leistung am Fahrrad (wenn mit einem Gesamtwirkungsgrad der Dynamo von 0,65 gerechnet wird)

$$\frac{12{,}5 \cdot 7}{0{,}65} + 12 \cdot 1{,}8 \cdot 0{,}65 \text{ rd.} = 150 \text{ Watt.}$$

Versuche mit einfachen Mitteln.

Verwendung von kleinen Glühlampen zum Nachweis der Widerstandsänderung bei festen und flüssigen Körpern. Von **R. Danneberg** in Dresden. In dieser Zeitschrift *XXIV*, *373* habe ich einen Versuch beschrieben, durch den man die Abnahme des Widerstandes eines Platindrahtes mit der Abnahme der Temperatur sehr sinnenfällig beweisen konnte. Der Versuch gelingt noch deutlicher mit einem dünnen Eisendraht (Blumendraht), da man ihn zum Abschmelzen bringen kann, ohne einen großen Verlust zu haben. Man befestige ihn ebenso wie jenen Platindraht an zwei starken, aufrecht stehenden Drähten und wickle ihn so, wie man bifilare Spulen wickelt, mit Hilfe eines Glasrohres zu einer Spirale. Durch einen elektrischen Strom bringe man diese Spirale zur Rotglut. Kühlt man ihren unteren Teil durch ein Glas Wasser ab, so schmilzt der obere Draht. Verwendet man Platin, so leuchtet das Platin nur heller, ein Konstantandraht ändert seine Helligkeit beim Abkühlen nicht.

Metalle haben also eine größere Leitfähigkeit, wenn sie abgekühlt werden, besonders zeigt Eisen diese Eigenschaft. Der Widerstand vom Konstantan ändert sich wenig mit der Temperatur. Daher verwendet man Konstantan zu Widerstandsspulen, auch wird man beim Eisendraht auf seine Verwendung in den Vorschaltwiderständen der Nernstlampen hinweisen. Die Versuche führen dazu, überhaupt die Helligkeit eines glühenden Drahtes als Stromanzeiger zu verwenden. Am bequemsten benutzt man dazu kleine Glühbirnen, die bei $^1/_2$ Amp. hell leuchten. Die Schwankungen von $^1/_5$ Amp. sind deutlich wahrnehmbar. Als Stromquelle genügte meist ein Akkumulator

Ein solches Lämpchen L (s. Fig.) schaltet man in den Stromkreis, der von einem Akkumulator E zu einer Doppelklemme K führt. In der Öse derselben kann man einen Draht AB von der Beschaffenheit verschieben, daß das bei A angebrachte Lämpchen dunkel leuchtet. Schiebt man auf dem Draht die Klemme näher an A etwa bis M heran, so daß MB stromlos ist, so brennt die Lampe heller. Berührt man, indem man bei M den Draht AB umlegt, mit B den Punkt A, so steigert sich die Helligkeit noch mehr, d. h. der Widerstand nimmt bei verkleinerter Länge und wachsendem Querschnitt eines Drahtes zu.

Ganz entsprechende Versuche lassen sich für die Widerstände flüssiger Körper anstellen.

In ein Becherglas mit nicht gesättigter Kupfervitriollösung tauchen 2 Kupferplatten als Elektroden. Der Strom führt von der Batterie zur Lampe, von da zu dem Becherglas und zurück zur Stromquelle. Man taucht die Elektroden so weit ein, daß das Lämpchen mittelhell leuchtet. Hebt man dann eine Kupferelektrode aus der Flüssigkeit nur wenig heraus, so brennt die Lampe dunkler, nähert man die Elektroden, brennt sie heller. Bringt man pulvrisiertes Kupfervitriol in die Lösung, so leuchtet die Glühbirne heller. Es folgen also dieselben Gesetze wie bei festen Körpern. Die Leitungsfähigkeit nimmt mit der Konzentration zu. Erwärmt man die Lösung, indem man das Becherglas über einen Bunsenbrenner bringt, so wird die Lampe heller, d. h. warme Flüssigkeiten leiten besser als kalte, also das umgekehrte Gesetz wie bei festen Körpern.

Die Versuche lassen sich entsprechend mit Wechselstrom durchführen. Auch der induktive Widerstand oder die Induktanz läßt sich zeigen.

In die Primärleitung eines kleinen Induktionsapparates, dessen Eisenkern und Sekundärspule entfernt werden, schaltet man das Glühlämpchen ein. Wenn der Unterbrecher gut eingestellt ist, brennt die Lampe gleichmäßig hell. Der Ohmsche Widerstand der Primärspule ist so gering, daß man ihn durch Kurzschluß ausschalten kann, ohne daß die Lampe merkbar heller brennt. Die Lampe verfinstert sich aber sofort, wenn man das Eisendrahtbündel einschiebt, was vorsichtig geschehen muß, damit der Unterbrecher nicht gestört wird. Es ist also der Drahtwiderstand nur dadurch größer geworden, daß das Kraftfeld konzentriert, die Selbstinduktion erhöht wurde.

Dabei kann man noch folgenden, für unsere Transformatoren recht lehrreichen Versuch ausführen. Schiebt man bei obiger Anordnung über die primäre Spule des Induktionsapparates die sekundäre, so brennt die Birne mit der gleichen Helligkeit. Wenn man aber die sekundäre Spule kurzschließt, so erhöht sich die Helligkeit der Lampe. Wenn also der Strom durch die primäre Spule eines Transformators fließt, so wird ein gewisser „Leerlauf“strom verbraucht. Dieser Strom wird aber von selbst stärker, wenn in der Induktionspule Strom verbraucht wird. Man kann also ohne wesentlichen Verlust den Strom durch die primäre Spule eines Transformators dauernd senden. Nimmt man von der sekundären Spule Strom, so wird der Primärstrom von selbst stärker.

Für die Praxis.

Leitfähigkeit von Glas. Von **Albin Lesky** in Graz. Von Go. Heinrich in Neustadt a. d. Haardt ist im vierten Heft dieser Zeitschrift eine gute und einfache Zusammenstellung zum Nachweis der Leitfähigkeit des Glases angegeben. Diese Anordnung kann nun für die Schule noch anschaulicher gemacht werden. Die Negativkohlen werden in Holtzsche Fußklemmen gefaßt, zwischen die Kohlenspitzen wird das Glasröhrchen gebracht, darauf legt man den Stromkreis der Starkstromleitung an die Kohle an und schaltet in diesen einen gewöhnlichen Vertikalmultiplikator, wie ihn jede Schule zur Verfügung hat, ein. Nach Erhitzung des Glasrohres sieht der Schüler nicht nur das Funkenspiel, welches ja eine bloße Wärmeerscheinung ist, sondern auch einen mächtigen Ausschlag am Multiplikator, der nur solange andauert, als das Funkenspiel vorhanden ist. An Stelle des Multiplikators kann auch eine elektrische Klingel genommen werden. Zu bemerken wäre noch, daß diese Erscheinung auch bei 150 Volt Spannung recht gut gelingt, nur soll man nicht schwer schmelzbares Glas verwenden.

Hat man Starkstrom nicht zur Verfügung, so kann die Leitfähigkeit des Glases noch auf eine andere Art gezeigt werden, die gegen die erwähnte Vorteile hat. Man nimmt einen Induktionsapparat, wie er zu physiologischen Wirkungen gebraucht wird, und schaltet in den sekundären Stromkreis die Kohle samt Glasröhrchen und ein Telephon ein. Wird der primäre Strom durch ein gewöhnliches Tauchelement geschlossen, so hört man im Telephon nichts. Wird nun das Glasröhrchen nur mäßig erwärmt, so beginnt das Telephon zu tönen, und zwar mit zunehmender Erwärmung stärker. Kühlt sich das Röhrchen ab, so wird das Tönen wieder schwächer, um schließlich ganz aufzuhören.

Leucht- und Heizflamme. Von Dr. I. Kraus in Wien. Der Temperaturunterschied beider Flammen läßt sich leicht zeigen, wenn man eine Schreibfeder mit der Spitze nach abwärts in den Federstiel steckt und das abgerundete Ende der Feder in die Flamme hält. In der Heizflamme wird es rasch glühen, in der Leuchtflamme aber berußt werden. Hält man das berußte Ende wieder in die Heizflamme, so wird der Kohlenstoff verbrennen und die Feder wieder blank werden.

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Über eine neue optische Versuchsanordnung. Von F. Paul Liesegang in Düsseldorf. Wenn man ein Strahlenbündel mittels zweier Spiegel, die unter 45° gegeneinander angeordnet sind, zur Seite ablenkt, so wird das Bündel in sich um 90 Grad gedreht, und besteht es aus polarisiertem Licht, so findet gleichzeitig eine Drehung der Polarisationsebene um 90° statt. In Fig. 1 sind M und N die beiden Spiegel, L eine Linse, P der Polarisator; die Polarisationsebene ist durch Striche angedeutet, die zuerst senkrecht verlaufen, nach der doppelten Spiegelung wagerecht. Ein Analysator A, dessen Polarisationsebene parallel zu derjenigen des Polarisators steht, wird das Licht also nicht durchlassen. In Fig. 2 ist zum Vergleich an Stelle des Spiegelpaares ein einfacher Spiegel S gesetzt, der keine Drehung herbeiführt, so daß der Analysator hier für das Licht offen steht.

Fig. 1 und 2.

Wirft man nach der doppelten Spiegelung das Licht durch einen dritten Spiegel O (Fig. 3) gegen den Polarisator zurück, der hierbei reichlich groß sein muß — also etwa ein Glasplattensatz G — so wird dieser die Strahlen absperren. Eine solche Anordnung stellt eine Art Lichtfalle dar. Da der Glasplattensatz schlecht polarisiert, wird man bei der Durchführung des Versuches zur Reinigung ein Nicolsches Prisma N vor oder hinter den Satz einschalten. Die Lichtfalle läßt sich vollkommener machen durch Zurückführung der Strahlen auf die ursprüngliche Richtung; das kann gemäß Fig. 4 geschehen durch einen Spiegel S und einen Glasplattensatz L, der ebenso wie der Spiegel unter dem Polarisationswinkel angeordnet ist. Während dieser Satz (wenn er ideal arbeitet) anfangs alles Licht durchläßt, wird er jetzt alles gegen den Polarisator P reflektieren, da ja die Polarisationsebene um 90° gedreht ist, und dieser wird wiederum gegen das zurückkehrende Licht geschlossen sein. Drehen wir den Nicol um 90°, so nehmen die Strahlen den umgekehrten Verlauf: zuerst Reflexion am Glasplattensatz L, dann Spiegelung und Rückkehr durch den Satz hindurch mit gedrehter Polarisationsebene. Zur Demonstration wird man als Polarisator an Stelle des Nicols einen Glasplattensatz nehmen, der (wie in Fig. 3) das zurückkehrende und abgesperrte Licht durch die Reflexion erkennen läßt. Das Spiegelpaar M, N führt eine kleine seitliche Verschiebung des Strahlenganges herbei, die man durch entsprechendes Neigen der anderen Spiegel und Glasplatten ausgleicht. Um die dadurch bewirkte Abweichung möglichst gering zu machen, rückt man die Spiegel M, N sehr nahe zusammen und macht andererseits den Abstand des oberen Strahlenganges vom unteren recht groß.

Fig. 3 und 4.

Eine Spielerei ähnlicher Art zeigt Fi
Das aus dem Nicol P austretende Licht geht durch den Glasplattensatz G, trifft die beiden unter 45° gegeneinander angeordneten Spiegel M, N und wird mittels zweier weiterer Spiegel O und S wieder gegen den Satz geworfen, der die Strahlen reflektiert, da die Polarisationsebene um 90° gedreht ist. Das Licht läuft nun zum zweiten Male rund, erleidet abermals eine Drehung der Polarisationsebene und wird dann durch den Satz D

hinausgelassen. Eine andere Zusammenstellung von Glasplattensätzen und Spiegeln

Fig. 5 und 6.

führt zu einer Umwandlung polarisierten Lichtes in natürliches Licht (Fig. 6). Die aus dem Polarisator P kommenden Strahlen werden durch den unter 45° angeordneten Glasplattensatz B in zwei gleichstarke Teile zerlegt. Der reflektierte Teil erhält durch zwei Spiegel C und D einen zur alten Richtung parallelen Verlauf, wobei die Polarisationsebene um 90° gedreht wird; infolgedessen wird der Glasplattensatz F, der unter dem Polarisationswinkel angeordnet ist, alles Licht hindurchlassen. Das andere Strahlenbündel wird unter Aufrechterhaltung der Polarisationsebene durch den Spiegel E und den in diesem Falle total reflektierenden Glasplattensatz F in die gleiche Richtung gebracht. In dem Licht, das nun in den Analysator A eintritt, sind zwei senkrecht aufeinander stehende Polarisationsebenen vertreten, und es verhält sich daher wie natürliches Licht.

(*Verh. der Vers. d. Naturf. u. Ärzte 1912.*)

2. *Forschungen und Ergebnisse.*

Eine neue Stofftheorie der Wärme. Von H. L. Callendar[1]). Die Erzeugung der Wärme durch Reibung war eine der ersten Tatsachen, deren Erklärung auf Grund der alten Stofftheorie Schwierigkeiten bot. Man nahm an, daß bei der Reibung die in der Substanz schon vorhandene Wärme herausgetrieben werde, und daß z. B. beim Bohren eines Kanonenrohrs die Bruchstücke und Splitter eine kleinere Wärmekapazität besitzen als das ursprüngliche Material. Rumford und Davy zeigten, daß dieses nicht der Fall sei, und daß ein Körper bei der Erwärmung keine Gewichtszunahme aufweise; sie betrachteten daher die Wärme als einen Bewegungs- und Schwingungszustand der materiellen Teilchen. Dagegen gelangte Laplace auf Grund der Stofftheorie zu richtigen Ergebnissen für das Verhältnis der spezifischen Wärmen der Gase, für die adiabatische Gleichung und manche anderen Punkte. Auch Carnot steht in seinem Werke „Über die bewegende Kraft der Wärme" auf dem Boden der Stofftheorie. Er zeigt darin, daß bei dem „Kreisprozeß" seiner Wärmekraftmaschine, wenn diese wieder in den Anfangszustand zurückgebracht ist und alle Teile dieselbe Dichte, Temperatur und denselben Aggregatzustand wie am Anfang besitzen, sie auch die gleiche Wärmemenge enthalten müssen. Nur durch Temperaturdifferenzen kann aus Wärme Arbeit genommen werden; um den maximalen Effekt zu erhalten, darf bei keinem der sich vollziehenden Prozesse ein direkter Wärmeaustausch zwischen Körpern von merkbar verschiedener Temperatur stattfinden. Alle umkehrbar arbeitenden Maschinen besitzen den gleichen Wirkungsgrad W/Q (W = geleistete Arbeit, Q = aufgenommene Wärme), wenn sie innerhalb derselben Temperaturgrenzen arbeiten. Carnot zeigte, daß die Theorie sehr vereinfacht wird, wenn man den Kreisprozeß innerhalb unendlich naher Grenzen bei einer beliebigen Temperatur t betrachtet; in diesem Falle ist die pro Wärmeeinheit bei der Temperatur t erzielbare Arbeit für alle Substanzen die gleiche Funktion von t. Mittels direkter Anwendung der Stofftheorie hat Carnot ferner gezeigt, daß, wenn die Temperatur durch ein vollkommenes Gas gemessen wird, der Wert jener Funktion $F'(t)$ für alle Temperaturen derselbe ist und einfach durch eine konstante Größe A (unser mechanisches Wärmeäquivalent) dargestellt wird. Die durch Q Kalorien zu erzielende Arbeit W in einem Carnotschen Prozeß innerhalb der Temperaturgrenzen T und T_0 wird durch die Gleichung $W = AQ\,(T - T_0)$ bestimmt. Diese aus der Stofftheorie abgeleitete Gleichung drückt aber auch das Gesetz von der Erhaltung der Energie, angewandt auf einen Carnotschen Kreisprozeß, aus. Bei Interpretation dieser Gleichung hat Carnot die Analogie mit einem Wasserfall verwendet,

[1]) Aus dem Eröffnungsvortrag der math. und phys. Sektion der British Ass. for the Advancement of Science, Dundee, Sept. 1912. Naturw. Rundsch. **27,** S. 545, 561 (1912).

indem er annahm, daß die Wärme infolge der Temperaturerhöhung, ebenso wie das Wasser durch seine Fallhöhe, eine „bewegende Kraft“ besitze. Die Wärme ist dabei nur Träger der Energie, und die Gewinnung von Arbeit hängt nicht von dem jeweiligen Wärmeverbrauch, sondern von der Abnahme der verfügbaren Temperatur ab. Die Carnotschen Berechnungen ergaben allerdings entgegen dem Versuch eine Abnahme der pro Grad Temperatur aus einer Wärmemenge zu erzielenden Arbeit mit steigender Temperatur. Diese Unstimmigkeit ist aber nur eine scheinbare, da die Carnotsche Bestimmung einer Wärmemenge aus der pro Temperaturgrad geleisteten Arbeit nicht identisch ist mit einer kalorimetrischen Wärmemessung. Bei kalorimetrischer Messung ist die Wärme eben eine Energiemenge, während die nach dem Carnotschen Prinzip bestimmte Wärme alle Eigenschaften eines Stoffes besitzt. Der „Wärmestoff“ Carnots ist nach Callendar identisch mit der Clausiusschen „Entropie“. Dieser Umstand ist bisher übersehen worden, ebenso daß die Zunahme der Entropie bei nicht umkehrbaren Prozessen das geeignetste Maß für auftretende Wärmemengen bietet. Zur Untersuchung dieses „Wärmestoffes“ eignet sich nach Callendar nicht die Mischung zweier Substanzen von verschiedener Temperatur — wie sie Carnot vornahm — wohl aber der Prozeß der Wärmeleitung. Das Verhältnis der Leitfähigkeiten für Wärme und Elektrizität bei Metallen ist nach neueren Bestimmungen nicht konstant, sondern ändert sich annähernd proportional der absoluten Temperatur. Den Grund dieser Inkonstanz sieht der Verf. eben darin, daß bei den beiden Leitfähigkeiten die Wärme als Energie, die Elektrizität aber als Menge eines Fluidums gemessen wird. Würde man auch die Wärmeleitfähigkeit im Maße eines Wärmefluidums ausdrücken, so würde das Verhältnis konstant erscheinen. Unter der Annahme, daß die Träger für Wärme und Elektrizität die gleichen sind und daß die kinetische Energie jedes Trägers dieselbe ist wie die eines Gasmoleküls bei gleicher Temperatur, läßt sich der Wert des Verhältnisses beider Leitfähigkeiten berechnen; man erhält einen mit dem experimentellen gut übereinstimmenden Wert. Callendar will die Träger der Wärmeleitung aber nicht als negative Elektronen, wie die der Elektrizität, sondern als neutrale Dublets betrachten, die durch Vereinigung eines positiven und negativen Teilchens zustande kommen. Nimmt man an, daß diese neutralen Korpuskeln in Leitern in einer Art freiem Zustand in Lösung vorhanden sind und leicht in positive und negative Elektronen zersetzt werden, so erhält man die Theorie der metallischen Leitung durch Analogieschlüsse aus der Leitung in Elektrolyten. Nur die Geschwindigkeit der Ionen in metallischen Leitern ist dann sehr viel höher als in Elektrolyten. In guten Leitern tritt eine nahezu vollständige Dissoziation der neutralen Dublets ein, so daß das Verhältnis beider Leitfähigkeiten dem Wert nahe kommt, den man unter der Voraussetzung gleicher Träger für Wärme und Elektrizität berechnet. In schlechten Leitern ist die Dissoziation gering, und es erklärt sich daraus z. B., daß der elektrische Widerstand in Gußeisen zehnmal größer ist als in reinem Eisen, obwohl das Wärmeleitvermögen in beiden nicht sehr verschieden ist. Um die Erzeugung von Wärme durch Reibung zu erklären, hat man anzunehmen, daß bei der Reibung Ionen losgerissen werden, von denen einige getrennt bleiben und die Reibungselektrizität darstellen; die meisten vereinigen sich aber wieder, und das Äquivalent der Trennungsarbeit kommt in der Wärmeenergie zum Vorschein. Da man annimmt, daß bei der Bremsung von Elektronen Röntgenstrahlen entstehen, so kann man die „Wärmemoleküle“ auch als langsame Röntgenstrahlen betrachten, deren Energie die gleiche ist wie die von Gasmolekülen bei derselben Temperatur. Die Annahme der molekularen Konstitution der Wärme erscheint dem Verf. als eine notwendige Folge der Molekulartheorien der Materie und Elektrizität. Der flüssige und der gasförmige Aggregatzustand würden als konjugierte Lösungen von Wärmestoff in Materie zu betrachten sein, wobei das Verhältnis beider sich mit dem Druck und der Temperatur ändert. Bei der Wärmestrahlung könnte man die Planckschen Energiequanten mit den Wärmemolekülen identifizieren, die die Umwandlung elektromagnetischer Strahlungsenergie in Wärme darstellen und eine Energie proportional ihrer Temperatur besitzen müßten. Der Wärmestoff ist als unzerstörbar anzusehen. Bei gewissen Prozessen wird er durch Vergesellschaftung mit einem materiellen Körper für uns nachweisbar, war aber auch vorher vorhanden, wenn auch der Beobachtung nicht zugänglich. Der Verf. hat in seinem Vortrage die ganze Frage nur oberflächlich skizziert und wollte nur die Aufmerksamkeit darauf lenken, daß die Einführung des Wärmestoffs als natürliches Maß für Wärme-

mengen im Gegensatz zu Mengen der Wärmeenergie einen Fortschritt bedeuten könnte.
Schk.

Über Temperaturmessung. (Originalbericht.) 1. Thermodynamische Temperaturskala. Die Thermodynamik lehrt eine ganze Reihe von Beziehungen kennen, die eine Bestimmung der „absoluten Temperatur“, also unabhängig von der Wahl einer bestimmten Substanz, erlaubt. Im Grunde ist dazu jede Folgerung aus dem II. Hauptsatz geeignet, wenn die darin vorkommenden Größen der Messung zugänglich sind. F. Henning zeigt in einer Arbeit: Über Temperaturmessung mit Hilfe der Clapeyron-Clausiusschen Gleichung[1]), wie die praktische Anwendung einer solchen Gleichung sich für die Frage der Temperaturmessung gestaltet. Die benutzte Gleichung liefert sogar eine Methode, die unter Umständen der gasthermometrischen Messung überlegen ist.

Die Clapeyron-Clausiussche Gleichung gibt folgende Beziehung zwischen der Verdampfungs- oder Sublimationswärme L, der absoluten Temperatur T, dem Sättigungsdruck p und dem spezifischen Volumen v_1 der gasförmigen und dem der flüssigen oder festen Phase v_2:

$$L = \frac{1}{A} \cdot T \cdot \frac{dp}{dT} (v_1 - v_2),$$

worin A das mechanische Wärmeäquivalent ist.

In der integrierten Form lautet sie:

$$\ln \frac{T}{T_0} = \frac{1}{A} \int_{p_0}^{p} \frac{v_1 - v_2}{L} dp$$

und bietet die Möglichkeit, wenn die Größen L, v_1, v_2 als Funktionen von p in dem Intervall von T bis T_0 gemessen sind, die Temperatur T bei gegebener Ausgangstemperatur T_0 zu bestimmen.

Der Verf. untersucht nun den Einfluß, den die Meßfehler auf das Resultat ausüben. Er findet, daß die Fehler in der Größe $\frac{v_1 - v_2}{L}$ um so weniger ins Gewicht fallen, je niedriger die Temperatur T_0 und je geringer die Differenz $T - T_0$ ist. Die Formel bietet also gerade dort besondere Vorteile, wo das Gasthermometer versagt, z.B. bei Temperaturen unterhalb des Kondensationspunktes von Helium.

[1]) Verh. d. Deutsch. Phys. Gesellsch. **13** (1911), S. 645—650.

Für die numerische Rechnung sind allerdings bis jetzt nur sehr wenig Beobachtungsdaten vorhanden. Um indessen die Brauchbarkeit zu erweisen, wird als Beispiel die absolute Temperatur aus dem für Wasser bekannten Werte von L, v_1, v_2 und p zwischen 100 und 180° C berechnet. Dabei ergibt sich bis 140° C eine Übereinstimmung mit der absoluten Skala bis auf 0,03°, während der Fehler bei 180° C auf 0,08° wächst. Auch dieser Fehler ist indessen nicht sehr erheblich, wenn man bedenkt, daß erst durch die neuesten gasthermometrischen Messungen (vgl. unten Holborn und Henning, 1911) eine größere absolute Genauigkeit erzielt wurde.

2. Praktische Temperaturskala und Gasthermometer. *a) Mittlere Temperaturen.* Die praktische Temperaturskala für das Fundamentalintervall von 0° bis 100° C ist bekanntlich definiert durch das Normal-Wasserstoffthermometer mit konstantem Druck, während über 100° jetzt vornehmlich das Stickstoffthermometer mit konstantem Volumen zur Darstellung der Skala benutzt wird. Dabei dient als das beste Mittel, die Skala sicher festzulegen, die Bestimmung von Fixpunkten. Für das Gebiet zwischen 100° und 500° eignen sich hierfür ganz besonders die Siedepunkte von Naphthalin, Benzophenon und Schwefel, die Schmelzpunkte von Zinn, Kadmium und Zink. Indem C. W. Waidner und G. K. Burgess [*Note on the Temperature Scale between 100° and 500° C*[2])] die eigenen und von anderen mit dem Gasthermometer gefundenen Werte für diese Punkte zusammenstellen, glauben sie als sicherste Werte folgende angeben zu können:

Siedepunkte:		Erstarrungspunkte:	
Naphthalin	218,0°	Zinn	231,9°
Benzophenon	306,0	Kadmium	321,0
Schwefel	444,7	Zink	419,4

Eine kritische Betrachtung führt die Verfasser zu dem Schluß, daß die Skala *absolut* beim Schwefelsiedepunkte nicht genauer als bis auf 1° festliegt. Es sei deshalb sehr erwünscht, wenn die Fixpunkte mit vollkommeneren Mitteln noch genauer gasthermometrisch bestimmt würden, da die *relativen* Temperaturmessungen besonders mit dem Platinwiderstandsthermometer eine ganz erheblich größere Genauigkeit zuließen.

Der hier ausgesprochene Wunsch fand in einer kurz darauf erschienenen Arbeit

[2]) Chem. News **103** (1911), 25.

von L. Holborn und F. Henning[3]) seine Erfüllung. Dabei verfuhren die Verfasser in folgender Weise. Unmittelbar mit dem Gasthermometer wurde eine Reihe von Platinwiderstandsthermometern verglichen, und mit diesen wurden dann die genannten 6 Fixpunkte bestimmt. Das Gasthermometer mit konstantem Volumen wurde mit Stickstoff, Wasserstoff und Helium benutzt und als Gefäßmaterial Jenaer Glas 59^{III} und (nur bei der Stickstoffüllung) Quarzglas. Dabei ergab sich, daß das Jenaer Glas für Helium in geringem Maße durchlässig ist, während bei Wasserstoff im Gegensatz zu dem Befund anderer Beobachter eine Durchlässigkeit nicht bemerkt werden konnte.

Die Vergleichung der Platinthermometer mit dem Gasthermometer fand in Flüssigkeitsbädern (bei 200° in Öl, bei 330° und 450° in geschmolzenem Salpeter) statt, worin sich eine viel größere Genauigkeit als in Luftbädern erreichen läßt. Mit den an das Gasthermometer angeschlossenen Platinthermometern wurde zunächst der Schwefelsiedepunkt, der für die Festlegung der Temperaturskala von größter Bedeutung ist, neu bestimmt. Für ihn ergab sich der Wert

444,51°.

Die früher mit den Platinthermometern gemessenen Siedepunkte von Naphthalin und Benzophenon konnten auf diesen Wert des Schwefelsiedepunktes umgerechnet werden. Dagegen wurden die Erstarrungspunkte neu gemessen. So ergab sich folgendes:

Siedepunkte:		Erstarrungspunkte:	
Naphthalin	$217,9_6$°	Zinn	$231,8_3$°
Benzophenon	$305,8_9$	Kadmium	$320,9_2$
Schwefel	$444,5_1$	Zink	$419,4_0$

Hiermit sind die Beobachtungen von Callendar und Griffiths und von Waidner und Burgess in bester Übereinstimmung, wenn man ihre Werte ebenfalls auf 444,5° für den Schwefelsiedepunkt umrechnet.

b) Höhere Temperaturen. Bei Temperaturen über 500° nehmen die Schwierigkeiten der Messung erheblich zu. Vor allem macht sich der Mangel an einem geeigneten Flüssigkeitsbad bemerkbar, da die Gleichförmigkeit der Temperaturverteilung in Luftbädern, die allein noch in Betracht kommen, sehr viel schlechter ist. Trotzdem ist in letzter Zeit auch die Messung der höheren Temperaturen ganz bedeutend gefördert worden. Über die Arbeiten des Geophysikalischen Instituts in Washington, das an dieser Arbeit hervorragenden Anteil genommen hat, liegen zwei zusammenfassende Berichte vor: A. L. Day, *Recent Advances in High-Temperature Gas Thermometry*[4]) und die besondere Broschüre: A. L. Day und R. B. Sosman, *High Temperature Gas Thermometry*, Washington. Publ. by the Carnegie Institution 1911. 130 S.

Die grundlegenden und sorgfältigen Arbeiten, die von 1904 ab im Geological Survey in Washington und von 1907 ab im Geophysical Laboratory mit Unterstützung der Carnegie-Stiftung ausgeführt wurden, bezweckten hauptsächlich eine Festlegung der gasthermometrischen Skala von 1150° bis etwa 1550°. Sie sind nunmehr zu einem gewissen Abschluß gekommen, so daß es sich verlohnt, einen Rückblick auf das Erreichte zu werfen.

Durch die im Jahre 1899 und 1900 veröffentlichten Untersuchungen von Holborn und Day, die in der Phys.-T. R.-Anstalt ausgeführt wurden, war die gasthermometrische Skala mit einer bis dahin nicht erreichbaren Genauigkeit bis 1150° festgelegt worden. Temperaturen über 1150° mußten durch Extrapolation gewonnen werden. Dazu diente entweder eine empirische Formel für die Abhängigkeit der EMK der Thermosäule von der Temperatur oder eines der thermodynamisch begründeten Gesetze für die Strahlung des „Schwarzen Körpers". Der letzteren, strahlungspyrometrischen Methode gebührt zweifellos der Vorzug, und es ist wohl keine Frage, daß sie für die Bestimmung der höchsten Temperaturen allein in Betracht kommen wird. Vor allen übrigen zeichnet sie sich dadurch aus, daß das Meßinstrument nicht in unmittelbarer Berührung mit dem glühenden Körper zu sein braucht, und daß es eine obere Grenze ihrer Brauchbarkeit nicht gibt, da die Strahlung, die ein Körper aussendet, mit der Temperatur stark zunimmt und sich der Messung beliebig starker Strahlungen keine prinzipiellen Schwierigkeiten darbieten. Soll jedoch die Messung Temperaturen in der gültigen gasthermometrischen Skala ergeben, so muß das Strahlungspyrometer wie jedes andere an das Gasthermometer angeschlossen sein. Nun nimmt die Empfindlichkeit aller Strahlungspyrometer mit der Temperatur außerordentlich stark ab, so daß Messungen mit ausreichender Genauigkeit erst von etwa 900° an ausgeführt werden können. Es leuchtet ein, daß es für die

[3]) Ann. d. Phys. **35** (1911), S. 761—774.

[4]) Chem. News **104** (1911), S. 51—53. 62—64.

Sicherheit der Extrapolation auf sehr hohe Temperaturen von großer Wichtigkeit ist, daß das Gebiet, in dem beide Instrumente brauchbar sind, nicht zu geringen Umfang hat. Es ist deshalb seit dem Jahre 1900 wiederholt versucht worden, die gasthermometrischen Messungen auf höhere Temperaturen ausdehnen. Unter diesen Versuchen sind die wichtigsten die von Holborn und Valentiner 1906 und von Day und seinen Mitarbeitern.

Holborn und Valentiner hatten bei ihren Arbeiten die ganzen Schwierigkeiten, die sich in so hohen Temperaturen der Anwendung des Gasthermometers darbieten, kennen gelernt: Nur wenige Materialien sind noch für das Gefäß zu gebrauchen. Porzellan wird weich und absorbiert und entbindet Gase, Quarz entglast, Platin erweicht ebenfalls stark und wird für Gase durchlässig. Platinlegierungen sind zwar härter als Platin, aber das häufig zugesetzte Iridium verdirbt die Thermoelemente. Eine weitere Schwierigkeit ist die Erzielung einer hinreichend gleichförmigen Temperatur über das ganze Gasthermometergefäß, die Bestimmung der Temperatur des schädlichen Raumes und endlich für die Messung mit Thermoelementen, die zur Übertragung der gewonnenen Meßresultate erforderlich sind, der Umstand, daß fast alle bei niederen Temperaturen isolierenden Materialien leitend werden. Die Messungen in den höchsten Temperaturen, nämlich bis nahe an 1700° C, wurden von Holborn und Valentiner mit einem verhältnismäßig kleinen (etwa 50 ccm fassenden) Iridiumgefäß ausgeführt, bei dem die Temperaturdifferenz zwischen Mitte und Ende etwa 10 bis 30° betrug.

Das Bestreben von Day und seinen Mitarbeitern war nun darauf gerichtet, die Fehler, die diesen Messungen noch anhafteten, nach Möglichkeit zu verringern. In welchem Maße das erreicht ist, wird eine kurze Betrachtung der einzelnen Teile der Versuchsanordnung zeigen. Das Thermometer war ein Gasthermometer mit konstantem Volumen. Als Gas wurde Stickstoff gewählt. Das Gefäß bestand aus einer Legierung von Platin mit 20 Proz. Rhodium. Weder Porzellan noch Quarz erwiesen sich als geeignet. Auch Platiniridium wurde verworfen, wegen des schädlichen Einflusses auf die Thermoelemente. Der Zusatz von Rhodium statt des Iridiums gibt dagegen dem Platin die nötige Festigkeit, ohne daß die Thermoelemente, deren einer Schenkel ebenfalls aus Platinrhodium besteht, erheblich angegriffen werden.

Bei der Konstruktion des elektrischen Heizofens war 1. dafür Sorge getragen, daß sich eine möglichst gleichmäßige Temperaturverteilung über das ganze Thermometergefäß herstellen ließ, und 2., daß das Gasthermometergefäß von außen von einem bestimmten Gase unter stets kontrollierbarem Druck umgeben war. Das erstere wurde durch die besondere Anordnung des elektrischen Heizwiderstandes, das zweite in folgender Weise erzielt: Der ganze elektrisch geheizte Ofen wurde in ein größeres gasdichtes Gefäß so eingeschlossen, daß an das Thermometergefäß von außen nicht wie gewöhnlich die atmosphärische Luft, sondern dasselbe Gas, das sich auch im Innern befand (Stickstoff), und zwar unter demselben Drucke, unter dem es im Innern stand, einwirkte.

Dadurch wurde einerseits das Diffundieren durch die Gefäßwand und andererseits die Deformation des Gefäßes infolge des einseitigen Gasdruckes beseitigt. Es konnte somit viel höheren Anfangsdrucken gearbeitet und dadurch die Empfindlichkeit auf etwa das Dreifache erhöht werden. Die Heizwiderstände bestanden aus Platindraht, der auf das innere Heizrohr gewunden war. Um den Temperaturabfall von dem Ende des zylindrischen Hohlraums zu kompensieren, sind die Windungen an den Enden enger, und außerdem sind noch in einer zweiten Lage besondere Windungen angebracht, die durch veränderliche Strombelastung die noch übrigbleibenden Unterschiede auszugleichen gestatten. Um die Temperaturverteilung längs des Gefäßes messen und einregulieren zu können, sind 9 Thermoelemente in verschiedenen Höhen an dem Gefäß verteilt; eines von diesen, Nr. 8, befindet sich in der Einstülpung, die vom Boden aus bis nahe zur Gefäßmitte reicht (Fig. 1). Es ist so erreicht worden, daß die Temperaturdifferenz zwischen den verschiedenen Teilen des Gefäßes nur etwa 2 bis 3° bis zu 1500 bis 1600° hinauf beträgt.

Da sich das Gasthermometer zu unmittelbaren Fixpunktsbestimmuugen nicht eignet, so muß zunächst ein Instrument mit hinreichend unveränderlichen Angaben an das Gasthermometer angeschlossen werden. Als solches dient das Platin-Platinrhodium-Thermoelement. Die eigentliche gasthermometrische Messung läuft also darauf hinaus, dessen Thermokraft in Abhängigkeit von den Angaben des Gasthermometers zu bestimmen. Ist das geschehen

so wird eine Reihe von Fixpunkten mit dem Thermoelement gemessen und auf diese Weise dessen Temperatur auf die Angaben des Gasthermometers bezogen. Die gewonnenen Resultate ermöglichen dann, jederzeit mit Hilfe der Fixpunkte ein Thermoelement zu eichen und so dieselbe gasthermometrische Skala wiederzugewinnen.

Fig. 1.

Die auf diesem Wege gewonnene Neubestimmung der Fixpunkte ergab folgende Werte:

Siedepunkt:		Schmelzpunkt:	
Naphthalin	217,7°	Silber	960,0°
Benzophenon	305,4	Gold	1062,4
		Kupfer	1082,6
Schmelzpunkt:		Diopsid	1391,2
Kadmium	320,2°	Nickel	1452,3
Zink	418,2	Kobalt	1489,8
Antimon	629,2	Palladium	1549,2

Diesen Werten läßt sich noch der Platinschmelzpunkt hinzufügen, der freilich nicht unmittelbar gemessen ist, sich aber mit ziemlicher Annäherung aus folgenden Daten ergibt: Trotz der großen Unterschiede in den Angaben für den Platinschmelzpunkt selbst, die ungefähr 80° betragen, stimmt der Abstand zwischen Palladium- und Platinschmelzpunkt bei den verschiedenen Beobachtern bis auf wenige Grade überein, und zwar beträgt er im Mittel 206°. Mithin ergibt sich aus dem hier gefundenen Wert für Palladium der Platinschmelzpunkt zu 1755° mit einem Fehler, der wahrscheinlich nicht größer ist als ± 5°.

c) *Tiefe Temperaturen.* Das um die Herstellung und Messung tiefer Temperaturen sehr verdiente, unter der Leitung von Kamerlingh Onnes stehende Physikalische Laboratorium zu Leiden hat wiederum unsere Kenntnisse in diesem Gebiete sehr erweitert. Nachdem Kamerlingh Onnes es vor einigen Jahren erzielt hatte, auch das am schwersten kondensierbare, bei 4,25° abs. siedende Heliumgas als Flüssigkeit zu gewinnen, hat er nunmehr dadurch, daß er es unter vermindertem Druck sieden ließ, eine Temperatur erreicht, die nur noch 1,15° vom absoluten Nullpunkt entfernt liegt. Damit ist er der theoretischen unteren Grenze der Temperatur außerordentlich nahe gekommen. Es wäre jedoch falsch, zu glauben, daß die Erreichung oder gar Überschreitung des absoluten Nullpunkts jetzt in absehbarer Zeit zu erwarten ist. Ganz im Gegenteil haben sich die thermodynamischen Grundlagen, auf denen die Messung dieser Temperaturen beruht, auch in diesem extremen Gebiet so bewährt, daß kein Grund vorhanden ist, an der Annahme einer unüberschreitbaren unteren Grenze der Temperatur zu zweifeln. Die Messung der Temperatur, die durch flüssiges Helium hervorgebracht werden kann, geschieht noch mit dem Heliumgasthermometer (Kamerlingh Onnes, *Communication from the Phys. Lab. of Leiden, Nr. 119, 1911*). Auf den ersten Blick mag es befremdlich erscheinen, daß die Temperatur einer Flüssigkeit noch mit dem Dampf der Flüssigkeit selbst als thermometrischer Substanz gemessen werden kann. Indessen verschwindet die Schwierigkeit, wenn man bedenkt, daß die Dämpfe sich in ihrem Verhalten bei vermindertem Drucke dem der idealen Gase nähern. Es wurde daher auch der Anfangsdruck, unter dem das Gas bei 0° in dem Gasthermometer stand, sehr niedrig, nämlich 14,5 cm Quecksilbersäule, gewählt; bei der niedrigsten gemessenen Temperatur sank er dann auf 1,2 mm. Die Bedingungen für die Messung waren damit für das Heliumthermometer in diesen Temperaturen genau die nämlichen, als wenn man ein Ätherthermometer zur Messung gewöhnlicher Temperaturen verwendet hätte.

Die Temperatur selbst wurde nach der Dampfspannungsformel von van der Waals

$$\lg \frac{p}{p_k} = f\left(1 - \frac{T_k}{T}\right)$$

berechnet, worin p_k und T_k den kritischen Druck und die kritische Temperatur und f eine Konstante bedeutet, die für gewöhnlich zwischen 2 und 3 liegt. Es stellte sich jedoch heraus, daß f mit sinkender Temperatur erheblich abnimmt, und zwar bis 0,9. Unter Berücksichtigung dieser Tatsache berechnet sich dann die tiefste Temperatur, die erreicht wurde, bei der das Helium nur noch unter einem Druck von 0,15 mm stand, zu 1,15° absolut.

Erwähnt werden mag hierbei noch, daß die Erreichung von Temperaturen unterhalb der Siedetemperatur der flüssigen Luft für Laboratoriumszwecke wesentlich erleichtert ist durch den kompendiösen Wasserstoffverflüssigungsapparat von W. Nernst[5]).

3. **Thermometrische Fixpunkte.** Die Bedeutung der thermometrischen Fixpunkte für die Festlegung der Skala erhellte schon aus den gasthermometrischen Arbeiten: Da bei Annahme einer Reihe hinreichend nahe beieinanderliegender Fixpunkte die Interpolation mit den meisten Meßinstrumenten (Widerstandsthermometer, Thermoelement u. a.) weitaus genauer erfolgen kann als die gasthermometrischen Beobachtungen, so kann man zweckmäßig die Skala durch eine solche Reihe von Fixpunkten für den praktischen Gebrauch festlegen und es der Zukunft überlassen, sie nach etwaiger Richtigstellung der für die Fixpunkte angenommenen Temperaturen zu korrigieren. Sehr nützlich sind deshalb Zusammenstellungen der zurzeit wahrscheinlichsten Werte der Fixpunkte nach den besten absoluten Messungen. Eine solche Zusammenstellung für die Schmelzpunkte aller Elemente hat G. K. Burgess[6]) gegeben. Aus ihr sollen hier nur die thermometrisch wichtigsten „Normalschmelzpunkte", die der Verf. selbst als solche hervorgehoben hat, wiedergegeben werden.

Hg	— 38,7° ± 0,5° C		*Ag*	+ 961° ± 2° C
K	+ 62,3 ± 0,2		*Au*	1063 ± 3
Sn	231,9 ± 0,2		*Cu*	1083 ± 3
Cd	321,0 ± 0,2		*Ni*	1450 ± 10
Pb	327,4 ± 0,4		*Fe*	1520 ± 15
Zn	419,3 ± 0,3		*Pd*	1550 ± 15
Sb	630 ± 1		*Pt*	1755 ± 20
Al	658 ± 1		*Wo*	3000 ± 100

Die beigefügte Genauigkeitsangabe gibt zugleich ein anschauliches Bild von der Sicherheit, mit der die Temperaturskala schätzungsweise festgelegt ist. Die Grundlage, auf der die Werte beruhen, bildet für das Intervall 100° bis 500° die Annahme von 444,7° für den Schwefelsiedepunkt. Für die höheren Temperaturen ist die strahlungstheoretische Skala mit der Konstanten $c_2 = 14500$ des Wienschen Strahlungsgesetzes

$$J = C_1 \cdot \lambda^{-5} e^{-\frac{c_2}{\lambda T}}$$

zugrunde gelegt worden, um die Werte mit der Day- und Sosmanschen Skala in Einklang zu bringen. Wir sahen bereits oben, daß der wahre Wert des Schwefelsiedepunktes (nach Holborn und Henning) wahrscheinlich ein wenig tiefer liegt als hier angenommen, während die Frage nach der Größe der Strahlungskonstanten c_2 noch immer nicht als gelöst angesehen werden kann. Man wird deshalb die vorstehende Tabelle zwar nicht als endgültig, wohl aber als brauchbare Grundlage für die praktische Skala ansehen können.

Dem **Schwefelsiedepunkt**, der eine ganz außerordentlich wichtige Rolle in der Thermometrie spielt, widmen C. W. Waidner und G. K. Burgess eine besondere Studie: *On the constancy of the sulfur boiling point*[7]). Die Verf. finden, daß in dem von Callendar und Griffiths angegebenen Schwefelsiedeapparate die Widerstandsthermometer in allen Teilen des in Betracht kommenden Dampfraumes übereinstimmende Angaben machen, während dies bei Thermoelementen aus Platin gegen Platiniridium und Platinrhodium keineswegs der Fall ist. Es zeigt sich jedoch, daß dies durchaus nicht auf eine schlechte Temperaturverteilung in dem Apparat zurückzuführen, sondern der Inhomogenität der verwendeten Thermoelementendrähte zuzuschreiben ist. Ein Widerstandsthermometer, das eine außerordentlich kleine Spule hat, so daß es ähnlich wie ein Thermoelement die Temperatur nur eines kleinen Raumes zu bestimmen erlaubt, zeigt eine ebenso gute wie das größere Widerstandsthermometer (auf 0,05°). Man hat deshalb allen Grund, den Schwefelsiedepunkt nach wie vor als einen hervorragend geeigneten thermometrischen Fixpunkt anzusehen.

Neue Fixpunkte werden vorgeschlagen von Th. W. Richards und G. L. Kelley, *The Transition temperatures of sodium chromate as convenient fixed points in thermometry*[8]), und F. M.

---

[5]) Zeitschr. f. Elektrochemie **17** (1911), S. 735 bis 737.

[6]) Journ. Wash. Acad. Sc. **1** (1911), S. 16—19; Chem. News **104** (1911), 165.

[7]) Bull. Bur. Stand. **7** (1911), S. 127—130.

[8]) Proc. Amer. Acad. **47** (1911), S. 169—188; Journ. Amer. Chem. Soc. **33** (1911), S. 847—863.

Jaeger, *Melting Temperatures of Sodium- and Lithium-metasilicates*[9]). Das Natriumchromat bietet insofern keine so ganz einfachen Verhältnisse dar, als es drei verschiedene Hydrate bildet, deren Existenzgebiete sind:

Dekahydrat $Na_2\,Cr\,O_4 \cdot 10\,H_2\,O$
stabil unterhalb 19,53°

Hexahydrat $Na_2\,Cr\,O_4 \cdot 6\,H_2\,O$
stabil von 19,53° bis 26°

Tetrahydrat $Na_2\,Cr\,O_4 \cdot 4\,H_2\,O$
stabil von 26° bis 62,8°

(vgl. die graphische Darstellung der zugehörigen Dampfdrucke in Fig. 2). Als thermometrische Fixpunkte empfehlen die Verf. die beiden Umwandlungspunkte bei etwa 19° und 26°, von denen der erstere die Möglichkeit bietet, eine sehr oft gebrauchte Temperatur mit großer Genauigkeit festzuhalten.

Fig. 2.

Der Apparat, in dem die Umwandlung beobachtet wird, gleicht dem von Richards früher für $Na_2\,SO_4$ beschriebenen[10]). Als Wert für die beiden Punkte werden gefunden:

für den Übergang
vom Deka- zum Hexahydrat 19,525° ± 0,002,
vom Hexa- zum Tetrahydrat 25,90°.

Doch läßt sich der letztere Wert noch genauer bestimmen.

Die von Jaeger vorgeschlagenen Fixpunkte liegen bei höheren Temperaturen:

der Schmelzpunkt
von Lithiummetasilikat bei 1088°
von Natriummetasilikat bei 1201,8°.

Bei der Ermittlung dieser Temperaturen gebraucht der Verf. ein Platinrhodium-Element, das im Jahre 1910 von Day und Sosman an das Stickstoffthermometer angeschlossen und auf Homogenität seiner Schenkel untersucht worden ist.

[9]) Journ. Wash. Acad. 1 (1911), S. 49–52.
[10]) Zeitschr. f. phys. Chem. 43, S. 465.

Eine allgemeine kritische Betrachtung der Methoden der Schmelzpunktsbestimmung in hohen Temperaturen stellt White an[11]). Die Methode, auf die sich die Betrachtung des Verf. beschränkt, ist die sog. Frankenheim-Methode, bei der die Änderung der Temperaturangabe eines in die zu schmelzende Masse eingetauchten Thermometers (im allgemeinen eines Thermoelementes) bei gleichmäßiger Wärmezufuhr beobachtet wird. Im idealen Falle sollte dabei der Gang derartig sein, daß die Temperatur in der Masse regelmäßig ansteigt, bis das Schmelzen eintritt; dann sollte absolute Temperaturkonstanz herrschen, bis die ganze Masse geschmolzen ist, und nach Beendigung des Schmelzvorganges sollte die Temperatur wieder flott ansteigen (vgl. Fig. 3 Kurve 1). In Wirklichkeit

Fig. 3.

beobachtet man jedoch fast immer, daß der horizontale Ast der Schmelzkurve mehr oder weniger geneigt ist (Kurve 2). White führte als Ursachen dieser Erscheinung folgende an: A. Primäre, d. h. durch die Substanz bedingte Ursachen: I. Zeitverzögerung beim Schmelzen. II. Gegenwart von Verunreinigungen. — B. Sekundäre Ursachen, die dadurch bedingt sind, daß der Apparat nicht genau das Verhalten der Stoffe wiedergibt: III. Inkonstante Wärmezuführung. IV. Der normale Temperaturgradient zwischen der Außenseite und dem Innern der schmelzenden Beschickung. V. Zufällige Unregelmäßigkeiten der Temperaturverteilung. VI. Wärmezufluß durch das Thermoelement. VII. Elektrisches Leitvermögen der Schmelze, wenn das Thermoelement ungeschützt verwendet wird. VIII. Inhomogenität des Thermoelementes. IX. Ungleichförmiges Kristallisieren (Seigern) der Beschickung. X. Strahlung durch die schmelzende Substanz. Alle diese Punkte werden

[11]) Zeitschr. f. anorg. Chem. 69 (1911), S. 305–330 und 331–352).

einzeln studiert. Um die Inkonstanz der Wärmezuführung zu vermeiden, bringt WHITE ein zweites Thermoelement im Ofen neben dem Tiegel an, in dem das „Schmelzelement" sich befindet, und kontrolliert durch dieses die Wärmezufuhr infolge der Heizung.

Durch genaue Befolgung der aus den Fehlerquellen sich ergebenden Regeln gelingt es dem Verf., auch oberhalb 800° noch Schmelzpunkte zu messen, die auf 0,05° übereinstimmen. (Schluß folgt.)

F. Hoffmann, Charl., Phys.-Techn. R.-Anstalt.

Röntgenstrahlen. Untersuchungen über die räumliche Intensitätsverteilung der X-Strahlen hatte schon 1897 Röntgen angestellt und diese nahezu nach allen Richtungen gleichmäßig gefunden. Zu ähnlichen Ergebnissen führten Untersuchungen von Walter, während später Stark mit einer Kohlenantikathode eine verschiedene Intensitätsverteilung beobachtete. Auf Veranlassung Röntgens nahm W. FRIEDRICH eine erneute Untersuchung mit einer Platinantikathode vor[1]). Es wurden dabei zwei Meßmethoden, die photographische und die Ionisierungsmethode, angewandt; beide führten zu ungefähr gleichen Resultaten. Danach erwies sich die Intensität der von einer Platinantikathode ausgehenden und durch eine überall 2 mm dicke Röhrenglaswand hindurchgegangene Strahlung als abhängig vom Azimut, d. h. von dem Winkel, den die Achse des die X-Strahlen erzeugenden Kathodenstrahlbündels mit der Achse eines X-Strahlenbündels bildet. Das Maximum der Intensität lag nicht senkrecht zur Ausbreitungsrichtung der Kathodenstrahlen, sondern war nach der Seite der Azimute kleiner als 90° verschoben. Je größer die Härte der Strahlen, desto größer war die Verschiebung. Der Intensitätsunterschied zwischen der Strahlung im Azimut 150° und der Strahlung im Azimut 80° betrug 20 Proz. Die Härte der Strahlen nahm mit abnehmendem Azimut zu. Bei Azimut 0° war die Intensität der durch 0,01 mm Aluminium durchgegangenen Strahlung ein Minimum.

Eine Beugung der Röntgenstrahlen hatten Haga und Wind geglaubt beobachten zu können, während spätere Untersuchungen von Walter und Pohl zu einem negativen Ergebnisse führten, woraus sie auf eine Wellenlänge $< 10^{-9}$ cm schlossen (diese Zeitschr. *XXII*, *382*). In beiden Fällen wurden die photographisch gemachten Aufnahmen visuell mit dem Mikroskop beurteilt. P. P. KOCH gelang es, die Aufnahmen von Walter und Pohl photometrisch auszuwerten[2]). Das geschah mit Hilfe eines etwas abgeänderten Hartmannschen Mikrophotometers. Durch einen geeignet engen Hilfsspalt wurde aus dem mit dem Mikroskopobjektiv entworfenen Bild der zu photometrierenden Platte ein Streifen herausgeblendet und das davon herrührende Licht dem im Vergleichsfeld liegenden, mit dem Okular betrachteten Silberstreifen eines Lummer-Brodhunschen Würfels diffus zugeführt. Dann wurde die Schwärzung der Platte in Abständen von 0,01 bis 0,005 mm in den willkürlichen Einheiten eines Vergleichskeiles gemessen. Die Kochschen Messungen suchte A. SOMMERFELDT zu verwerten und mit theoretischen Anschauungen über die Beugung zu vereinigen[3]). Er ging von der Impulstheorie der Röntgenstrahlen aus, und nahm dazu noch an, daß der Bremsvorgang eines Kathodenstrahlelektrons durch das Plancksche Wirkungsquantum h reguliert werde. Auf Grund dieser Hypothese kann man je nach der Geschwindigkeit des gebremsten Elektrons einen bestimmten Wert der Impulsbreite (Wellenlänge der Strahlung) — wenigstens für den polarisierten Teil — berechnen und diesen Wert zugleich als untere Grenze für den unpolarisierten Teil ansehen. Der Verf. hat nun die Beugung eines einzelnen Impulses durch einen konvergierenden Spalt berechnet und das Ergebnis in Kurven gleicher Intensität graphisch aufgetragen. Zur Ergänzung diente ein von Wind selbst hergestelltes ideales Beugungsbild. Es wurde dann einerseits die rein geometrische Abbildung des von Walter und Pohl benutzten Spaltes — die der Wellenlänge $\lambda = o$ entsprechen würde —, andererseits das theoretische Beugungsbild ermittelt, welches bei den gegebenen Dimensionen des Spaltes und der Strahlenquelle der Impulsbreite $\lambda = \frac{1}{2} \cdot 10^{-9}$ cm entsprechen würde. Dann wurden die Kochschen Messungen mit der theoretischen Intensitätsverteilung in beiden Fällen verglichen. Dabei ergaben sich beträchtliche Abweichungen zwischen den Kochschen Messungen und der rein geometrischen Abbildung, während jene mit der theoretischen Intensitätsverteilung für $\lambda = \frac{1}{2} \cdot 10^{-9}$ cm besser übereinstimmten. Die jedoch auch hier noch vorhandenen beträchtlichen Abweichungen liegen durchweg in dem Sinne,

[1]) Ann. d. Physik 39, 377 (1912).

[2]) Ann. d. Physik 38, 507 (1912).

[3]) Ann. d. Physik 38, 473 (1912).

daß λ größer gewählt werden müßte, wenn man den besten Anschluß des theoretischen Bildes an die Messungen erzielen will. Eine etwas summarische Schätzung ergab $\lambda = 4 \cdot 10^{-9}$ cm.

Führten diese Untersuchungen über die Beugung nur zu sehr unbestimmten Ergebnissen, so hat M. Laue in Verbindung mit W. Friedrich und P. Knipping deutliche Interferenzerscheinungen von Röntgenstrahlen beim Durchgang durch Kristalle beobachten können[1]). Nach der Theorie von Bravais sind in Kristallen die Atome in Raumgittern angeordnet. Ist dieses aber der Fall, so müssen Röntgenstrahlen, falls sie in elektromagnetischen Wellen bestehen, zu Interferenzerscheinungen, ähnlich den aus der Optik erkannten Gitterspektren, Anlaß geben. Die Konstanten der Raumgitter, d. h. die Abstände der Gitterspektren, lassen sich aus dem Molekulargewicht, der Dichte, der Zahl der Moleküle und den kristallographischen Daten der Substanz berechnen. Man findet für sie stets die Größenordnung 10^{-8} cm, während die Wellenlängen der Röntgenstrahlen nach den Ergebnissen der vorigen Arbeit von der Größenordnung 10^{-9} cm sind. Laue entwickelte eine Theorie der zu erwartenden Interferenzerscheinungen und berechnete, unter welchen Bedingungen die von einem Atom des Raumgitters ausgehenden Schwingungen ein Intensitätsmaximum haben. Da es sich um ein dreidimensionales Gitter handelt, so erhält man drei Bedingungsgleichungen für das Maximum. In dem einfachsten Falle eines regulären Kristalls ergab sich, daß die Intensitätsmaxima einerseits auf zwei Scharen von Hyperbeln mit zu einander senkrechten Achsen, andererseits auf Kreisen liegen, deren Mittelpunkte im Durchstrahlungspunkt der primären Strahlen liegen. Auf einer senkrecht zur primären Strahlung aufgestellten photographischen Platte müssen dann auf den Stellen, die den Durchschnittspunkten der Kreise mit den beiden Hyperbelscharen entsprechen, Intensitätsmaxima auftreten. Die Versuche bestätigten die Folgerungen der Theorie in vollem Umfange. Ein schmales Bündel Röntgenstrahlen von etwa 1 mm Durchmesser durchsetzte den in einem Goniometer aufgestellten Kristall, um den in verschiedenen Richtungen und Abständen photographische Platten aufgestellt waren. Ein mit einem Kupfervitriolkristall gemachter Versuch ließ eine Reihe geordneter Flecken beobachten, die beim Durchgang der Strahlen durch eine Schachtel mit Kupfervitriolpulver fehlten. Genauere Versuche wurden mit der regulären Zinkblende vorgenommen, von der eine parallel zu einer Würfelfläche geschnittene Platte von 10×16 mm Größe und 0,5 mm Dicke hergestellt wurde. Die Strahlen durchsetzten den Kristall senkrecht zur Würfelfläche. Die Lage der von den sekundären Strahlen erzeugten Flecke zeigt die Figur; der Fleck in der Mitte ist der Durchstoßungspunkt der primären Strahlen. Die sekundären Flecke sind nach zwei Paaren senkrecht zueinander stehender Symmetrieebenen geordnet. Die den Symmetrieverhältnissen des regulären Systems entsprechende Anordnung wurde auch gefunden, wenn die Strahlen auf eine Oktaederfläche fielen; die Symmetrie war dann dreizählig. Drehte man den Kristall um den primären Strahl, so drehte sich das Bild auf der Platte mit. Versuche mit einem Kupferkristall, mit Steinsalz und Diamant zeigte ähnliche Flecke. Die Härte der die Flecke hervorbringenden Strahlen war für Zinkblende und Diamant fast die gleiche. Aus den Versuchen dürfte hervorgehen, daß die sekundären Strahlen Wellennatur besitzen; und daraus muß man auf eine gleiche Natur der primären Strahlen schließen. Laue unternahm auch eine quantitative Prüfung seiner Theorie, indem er für Zinkblende die Radien der von den Flecken gebildeten Ringe berechnete und gleichzeitig die Photogramme ausmaß. Die Übereinstimmung war sehr befriedigend. Für die Wellenlänge der die Flecke erzeugenden Strahlen erhielt der Verf. 1,27, 1,90, 2,24, 3.55 und $4{,}83 \cdot 10^{-8}$ cm, Werte, die sich wie 4 : 6 : 7 : 11 : 15 verhalten. Es sind also mehrere Strahlenarten vorhanden, wofür auch die Resultate der Härtemessungen sprechen.

[1]) Sitzungsber. d. Münchener Akad. d. Wiss. 1912, S. 303, 363; Naturw. Rundsch. 27, 597 (1912).

Ob die durch Röntgenstrahlen bewirkte Ionisierung sich mit der Entfernung ändert, untersuchte E. W. B. Gill[5]). Ein aus der Entladungsröhre kommendes Strahlenbündel gelangte durch eine in einem Bleikasten befindliche runde Öffnung in den Ionisierungsraum („Detektor"), dessen Ladung mit dem Elektrometer bestimmt wurde. Die Dimensionen des Detektors übertrafen noch in 100 cm Entfernung den Querschnitt des Strahlenbündels, so daß alle Strahlen zur Wirkung kamen. Es zeigte sich, daß die Ionisierung in 24 cm Entfernung fast genau dieselbe war wie in 98 cm Entfernung von der Anode. Bei divergierender Verbreitung der Strahlen ist hiernach die von Strahlen der Intensität I bei einem Luftvolumen V bewirkte Ionisierung die gleiche wie die von $I/16$ bei einem Volumen $16\,V$ bewirkte. Die Zahl der von der Volumeinheit erzeugten Ionen wäre hiernach proportional ihrer Intensität.

Die von Röntgenstrahlen in einem geschlossenen Gefäß mit dünnen Metallwänden bewirkte Ionisierung ist nach A. S. Eve sehr verschieden von der durch γ-Strahlen von *Ra C* bewirkten Ionisierung[6]). Die zylindrischen Gefäße von verschiedenen Metallen hatten die gleichen Dimensionen und eine Wanddicke von etwa $^1/_2$ mm. Die Ionisierung in den Gefäßen von *Pb, Cu, Zn, Fe, Al* betrug bei Röntgenstrahlen 1,8, 82, 111, 100, 126, bei γ-Strahlen 100, 69, 69, 68, 58. Man ersieht, daß bei Röntgenstrahlen die Gefäße aus schwereren Metallen eine geringere Ionisierung zulassen als die Gefäße aus leichteren Metallen, während bei γ-Strahlen das umgekehrte der Fall ist. Der Verf. erklärt diese Verschiedenheit aus Braggs Theorie der Ionisation. Die Röntgenstrahlen erzeugen Elektronen von der Geschwindigkeit der Kathodenstrahlen hauptsächlich in der Luft der Gefäße selbst, während die Wände sie — je schwerer sie sind, um so mehr — absorbieren. Die γ-Strahlen ionisieren durch Elektronen von der Geschwindigkeit der β-Strahlen, die hauptsächlich von den Gefäßwänden ausgehen und wegen ihrer großen Weglänge noch mehrfach reflektiert werden; die durch diese bewirkte Ionisierung nimmt dann — wie auch andere Versuche gezeigt haben — mit dem Atomgewicht der Substanz zu. *Schk.*

3. Geschichte und Erkenntnislehre.

Friedrich Wöhler und K. F. Klöden in ihrem Verhältnis zu den chemischen Schülerübungen. (Originalbericht.) Es ist im allgemeinen wenig bekannt oder wird in der Geschichte der Chemie gering bewertet, daß Wöhler etwa 6 Jahre lang, von seinem 25. bis 31. Lebensjahr, an der „Städtischen Gewerbeschule" in Berlin — der nachmaligen „Friedrichs-Werderschen Oberrealschule" — als Lehrer der Chemie gewirkt hat. Und doch hat der chemische Unterricht der höheren Lehranstalten alle Ursache, hieran ein lebhaftes Interesse zu nehmen. An dieser altberühmten, im Jahre 1824 nach eigenartigem Plane gegründeten Anstalt, deren langjähriger Leiter der bekannte Geognost K. F. Klöden war, wurde die Chemie — wie wir den sehr lehrreichen, umfänglichen, alten *Programmen der Städtischen Gewerbeschule* entnehmen — anfangs von dem jungen „Professor Dr. [Heinrich] Rose" erteilt, und zwar in drei wöchentlichen Lehrstunden. Rose mußte jedoch diesen Unterricht schon Ostern 1825 wegen seiner Lehrtätigkeit an der Universität wieder aufgeben. An seine Stelle trat „Dr. med. Friedrich Wöhler", der gerade aus Schweden, wo er ein Jahr lang unter Berzelius gearbeitet hatte, zurückgekehrt war. Hieß es in dem *Progr. 1825* vom chemischen Unterricht unter Rose nur, daß die Schule bereits „die meisten erforderlichen Instrumente, Gerätschaften, Reagenzien . . ." besitzt, „so daß der Unterricht mit einer fortgesetzten Reihe von Versuchen begleitet werden kann" (S. 67), so heißt es nach dem ersten Jahre von Wöhlers Tätigkeit (*Progr. 1826, S. 86*), und zwar von seinem Unterricht im 2. Halbjahr: „Chemie in der ersten Abteilung: Die Alkalien und Erden, die Salze und Metalle und ihre Verbindungen . . ., mit den dazugehörigen Experimenten, unter Hinweisung auf die Gewerbe, welche davon Anwendung machen. 3 Stunden. Außerdem Beschäftigung der Schüler im Laboratorio in besonderen Stunden." Und im *Progr. 1827* (*S. 66, 67*) heißt es von Wöhlers Unterricht in der „Sekunda": „Chemie, 3 Stunden. Ausführlicher Cursus" und in der „Prima": „Chemie, 2 Stunden, verbunden mit praktischen Übungen im chemischen Arbeitszimmer." Und an anderer Stelle (*S. 72*) berichtet Klöden: „Auch der chemische Apparat der Schule ist . . . nicht ohne Vermehrung an Werkzeugen . . . ge-

[5]) Phil. Mag. **23**, 114 (1912).

[6]) Phil. Mag. **24**, 432 (1912).

blieben. Ich gedenke dabei zugleich einer Sammlung chemischer Präparate, welche von den Zöglingen selbst im Arbeitszimmer zur Übung dargestellt wurden und fortgesetzt werden sollen. Diese Sammlung wird nach und nach alle chemischen Verbindungen umfassen ...“ Dann heißt es im *Progr. 1828* (*S. 99*) bei der „Ersten Klasse“: „Chemie, 2 Stunden. Es wurde im letzten Halbjahr die organische Chemie vorgetragen, durch Experimente veranschaulicht, und außerdem wurden die Schüler praktisch im Laboratorium beschäftigt.“ *Progr. 1829* (*S. 106*) wird berichtet, daß Wöhler „bleibend und als zweiter ordentlicher Lehrer“ angestellt wird, und daß der König ihn zum „Professor bei der Gewerbeschule“ ernannt habe (Wöhler zählte damals 28 Jahre); ebenda heißt es zum erstenmal, daß sich an die praktischen Übungen „auch ein Teil der Schüler der zweiten Klasse anschloß“. — Ganz besonders bemerkenswert sind die Ausführungen im *Prog. 1830* (*S. 120*): „Chemie, 2 Stunden. — Die organische Chemie, sowohl Pflanzen- als Tierchemie. Daran knüpften sich die in besonderen Stunden des Mittwochs und Sonnabends Nachmittags stattfindenden praktischen Beschäftigungen der Schüler im Laboratorio, an welchen auch Schüler der zweiten Klasse teilnehmen. Diese Übungen haben nicht allein den Zweck, die jungen Leute durch eigene Anschauung und Handanlegung mit den chemischen und physikalischen Erscheinungen, mit den Eigenschaften der Körper usw. vertrauter zu machen, sie darüber aufzuklären und sie ihrem Gedächtnisse sicherer einzuprägen, sie haben auch noch vorzüglich den Nutzen, die jungen Leute durch eigenes Anfassen, eigenes Zusammenstellen und Erfinden von Apparaten und Ausführen von Versuchen in einer gewissen mechanischen Fertigkeit und Gewandtheit im Gebrauche ihrer Hände zu üben, die ihnen nachher in jedem Lebensverhältnisse zustatten kommen kann. — Zu diesen Arbeiten werden vorzüglich solche Gegenstände gewählt, die sich zugleich auf den kürzlich vorausgegangenen Unterricht ... beziehen. — Prof. Dr. Wöhler.“

Es ist anzunehmen, daß diese bedeutsamen Ausführungen von Wöhler selbst stammen, mindestens aber auf Grund der Angaben Wöhlers aufgesetzt wurden. Man erkennt: Wert und Eigenart der praktischen Schülerübungen sind hier bereits bis zur Wurzel klargelegt.

Im gleichen Jahre (*1830*, S. 124) berichtet Klöden noch über das „neuerbaute chemische Laboratorium“, daß es mit „den nötigen Gerätschaften, Öfen, Kapellen usw., sowie mit den notwendigen Stoffen vollständig versehen sei; er schließt: „Es ist jetzt für alle Arten chemischer Arbeiten eingerichtet.“ *1831* (*Progr.*, S. 87) übernimmt Wöhler auch noch die „Chemische Technologie“ (2 Stunden), und zwar „mit Exkursionen in die vorzüglichsten hierzu geeigneten Werkstätten“. (Die „Mechanische Technologie“ nebst zugehörigen Exkursionen übernahm zu gleichem Zeitpunkt Klöden selbst; vorher lag die ganze Technologie in der Hand eines anderen Lehrers, war aber schon von Anfang an mit Exkursionen verknüpft.) *1832* schlägt die Scheidestunde. Wöhler wird nach Kassel berufen, um bei der Errichtung des Polytechnischen Instituts mitzuwirken; es heißt (*Progr. 1832*, S. 75): „Mit Bedauern verliert ihn die Anstalt. Sein Wert als ausgezeichneter Chemiker ist der wissenschaftlichen Welt bekannt ...“ usw.

Aus allem geht hervor, daß Friedrich Wöhler in der Geschichte der chemischen Schülerübungen ein hervorragender Platz gebührt, wenn wir ihn auch nicht direkt als deren Begründer bezeichnen können. Denn es darf nicht übersehen werden, daß der ganze Plan zur Organisation der Gewerbeschule von Klöden ausging. Sein weitschauender und praktischer Blick zeigte ihm die dringende Notwendigkeit einer höheren, von dem Gymnasium durchaus abweichenden Schulart. Die Darlegungen seines Programms im ersten Jahresbericht (*1825*, S. 1...63) zeugen von den außerordentlichen Gaben dieses Schulmannes und enthalten vielfach hochmoderne Gedanken. Hinsichtlich der Chemie heißt es dort (S. 50, 51): „Auch diese Wissenschaft soll gründlich und ausführlich gelehrt werden ... Der Vortrag muß ebenfalls experimentierend sein, und jede wichtigere Lehre durch einen Versuch bewiesen, jede wichtige Verbindung oder Trennung dargestellt werden. Wie sehr auch hierdurch die sinnliche Wahrnehmung geübt und das Beurteilungsvermögen gestärkt wird, fällt in die Augen. Die Zöglinge müssen zugleich angeleitet werden, einfache Versuche selber anstellen zu können ... so, wie denn überhaupt eine Anweisung zum Gebrauche der Reagenzien und eine Anleitung zu einfachen Analysen an ihrer Stelle sein werden.“ — So ist also die ganze Idee der chemischen Schülerübungen bei Klöden zu

suchen, und dieser fand in Wöhler den Mann der Tat. Die Ausgestaltung der Übungen im einzelnen und ihre Einfügung in den übrigen Unterricht ist wiederum als Wöhlers eigenstes Werk zu betrachten. Hingegen sind die nicht nur für den Unterricht, sondern auch in verschiedener anderer Hinsicht, z. B. in sozialer, so wertvollen technologischen Exkursionen auf die Initiative Klödens zurückzuführen. Daß Klöden in der grundlegenden Frage der Schülerübungen durch Liebigs auf die praktischen Übungen gerichtetes Vorgehen in Gießen beeinflußt worden sei, erscheint ausgeschlossen; denn Klödens ganzer Plan, — über den er schon Ostern 1824 ausführlich berichtete, der also 1823 im Manuskript fertiggestellt und noch viel früher konzipiert sein mußte —, liegt zeitlich vor dem Beginn der maßgebenden Tätigkeit Liebigs in Gießen. Und daß Wöhler beim Einrichten der Übungen sich nach Liebigs Vorbild richtete, ist nach allem ebenfalls unwahrscheinlich, zumal die erste Schultätigkeit Wöhlers in eine Zeit fällt, wo er, den später die innigste Freundschaft mit Liebig verband, noch mit diesem halb auf dem Kriegsfuße stand. Worin das Verdienst Liebigs — auf den allein zuweilen die Schaffung praktischer Laboratoriumsübungen zurückgeführt wird — auch um die chemischen Übungen der höheren Schulen besteht, ist im Anfange des weiter unten (S. 54) folgenden Berichtes über „die Entwicklung der chemischen Schülerübungen" kurz angedeutet. — So hat jeder, der am chemischen Unterricht Interesse nimmt, Ursache, auch der Leistungen der beiden erstgenannten Männer in Dankbarkeit zu gedenken. Wenn wir noch die Tatsache ins Auge fassen, daß nach dem Muster der Berliner Gewerbeschule alsbald eine größere Reihe solcher Schulen entstanden, so steigt Klödens Verdienst um die Verbreitung der chemischen Schülerübungen und der technologischen Exkursionen noch um ein weiteres. Andrerseits können wir vom Standpunkt des chemischen Unterrichts aus auch darauf stolz sein, daß die markstein-bildende Entdeckung Wöhlers von der Entstehung des Harnstoffs aus dem Ammoniumcyanat — auf welche Liebig das Wort von der „Morgenröte eines neuen Tages" anwandte — ganz in die Zeit seiner Berliner Schultätigkeit fiel.

O. Ohmann.

4. *Unterricht und Methode.*

Die neuen Lehrpläne für Realanstalten im Großherzogtum Baden. Die Pläne sind im Schulverordnungsblatt für das Großherzogtum Baden vom 12. Juli 1912 veröffentlicht.

1. *Realgymnasien mit neusprachlichem Unterbau* (Reformrealgymnasium). Die Stundenverteilung für die Naturwissenschaften ist folgende:

	VI	*V*	*IV*	*U III*	*O III*	*U II*	*O II*	*U I*	*O I*	Summa
Naturgeschichte							—	—	—	
Physik	2	2	2	3	3	3	2	3	3	29
Chemie und Biologie							2	2	2	

Beschreibung einzelner Mineralien und Gesteine. — In *U III* treten hierzu noch zusammenhängende Thermometer- und Barometerbeobachtungen, nebst Erklärung der ihnen zugrunde liegenden Erscheinungen „soweit möglich". Kommunizierende Röhren, Haarröhrchen; Artgewicht [= spezifisches Gewicht]; Zusammensetzung der Luft; Be-

In den Klassen *VI*, *V* und *IV* soll neben der Naturgeschichte Einzelnes aus Physik und Chemie behandelt werden, nämlich der Kreislauf des Wassers; chemische [?] Eigenschaften des Wassers, Lösung, Filtrieren, Destillieren; Thermometer, Temperatur; Einwirkung der Wärme auf die Größe der Körper und auf die Menge der löslichen Stoffe. — Die Bewegungen und Erscheinungen der Lufthülle; Eigenschaften einiger Gase, soweit sie für das organische Leben von Wichtigkeit sind, insbesondere Sauerstoff und Kohlensäure. schreibung einzelner Gesteine. — In *O III* ist neben Zoologie und Botanik zu behandeln: das Auge (Spiegel, Linse, Mikroskop, Regenbogen); Wärmemenge (Öfen), spezifische oder Artwärme [!], Schmelz- und Verdampfungswärme (Niederschläge), Dampfmaschine. — In *U II* neben dem Abschluß von Zoologie und Botanik der Mensch, und aus der Physik: Reibungselektrizität (Gewitter) und Hauptwirkungen des elektrischen Stroms.

In *O II* Physik 2 Std. Druck in Flüssigkeiten und Gasen: „Artgewicht", Anwendungen,

Boyle-Mariottes Gesetz. — Messende Wärmelehre: Ausdehnungskoeffizient, Gesetz von Gay-Lussar, c_p und c_v für Gase, Gasverflüssigung, Schmelz- und Verdampfungswärme und Luftfeuchtigkeit, kritische Temperatur. — Elektrizitätslehre: Gesetze von Ohm und Kirchhoff; Elektrische Induktion; Dynamomaschine für Gleich- und Wechselstrom. — Lehre vom Licht; Messung der Lichtstärke; Theorie der optischen Instrumente; Spektralanalyse.

Chemie 2 Std. Stoffgemenge (Lösungen) und chemische Verbindung sowie Trennung (Elemente). Sauerstoff und Wasserstoff (Wasser); Verbindungsgewichte und Atomtheorie; Salzbildner und Salze (Säuren und Basen); Schwefel; Erdalkalien; Atom- und Molekulargewichte; Stickstoff; Kiesel (Silikate). Grundlagen der Stein- und Kristallkunde.

In *UI* Physik 3 Std. Mechanik: Gleichförmige und gleichförmig veränderte Bewegung (Fall, Wurf). Massen- und Kraftbegriff; Zusammensetzung und Zerlegung von Kräften (Schwerpunkt, einfache Maschinen); Zentralbewegung, Pendel. — Wellenlehre: Schwingung, Welle; Bestimmung der Größen in $c = n\lambda$ für die Schall-, Licht- und elektrischen Wellen (Interferenz, Beugung, Polarisation).

Chemie 2 Std. Kohlenstoff und Karbonate. Kohlenwasserstoffe (Methan, Leuchtgas, Flamme), Alkohole, Äther, Essig, Kohlehydrate, Stärke, Zucker, dazu Biologisches über Bewegung, Ernährung, Empfindung.

In *OI* Physik 3 Std. Erhaltung und Umwandlung der Energie: Arbeits- und Effekteinheiten; kinetische Energie beim Fall; Stoß. Wärme zur Arbeit (Theorie der Dampfmaschine). Die magnetischen und elektrischen Einheiten; Stromwärme, Thermoelektrizität, Theorie der Induktion. — Astronomisches: Gestalt, Größe und Bewegungen der Erde. Zeitrechnung, Keplersche Gesetze, allgemeine Schwere.

Chemie und Geologie 2 Std. Allgemeine Chemie: Zusammenstellung der bisher induktiv gewonnenen Gesetze. — Allgemeine Geologie: Erdgeschichte. Hierzu noch Biologisches.

Praktische Übungen in Physik, Chemie und Biologie werden für freiwillige Teilnehmer in besonderen Stunden veranstaltet.

Es läßt sich nicht verkennen, daß der Plan den Eindruck einer gewissen Zerrissenheit des Stoffs macht; dieser Eindruck wird durch die stichwortartige Aufzählung noch erhöht. Besonders auffällig ist, daß die Mechanik auf der Unterstufe sehr kümmerlich bedacht ist, und daß der Arbeitsbegriff erst in der obersten Klasse auftritt. Es wird für die Fachlehrer nicht leicht sein, an der Hand dieses Planes die Schüler durch alles Eklektische hindurch zur Einsicht in die großen Zusammenhänge und in die logische Ordnung des Stoffs zu führen. Dies ist um so mehr erforderlich, als der Unterricht „in ein Weltbild auslaufen soll, in dem neben der Stellung der Erde im Weltganzen, neben der Geschichte der Erdrinde und der Entwicklung der organischen Welt auf ihr der Mensch in seinen körperlichen Beziehungen, aber auch in den Grundlagen seines Denkens und Erkennens Platz findet“. (S. 150).

2. *Der Lehrplan für Oberrealschulen und Realschulen* zeigt folgende Stundenverteilung.

	VI	*V*	*IV*	*UIII*	*OIII*	*UII*	*OII*	*UI*	*OI*	Summa
Erdkunde	2	2	2	2		—	—	—	—	
Naturgeschichte (Biologie)	2	2	2	2						
Chemie mit Mineralogie und Geologie	—	—	—	—	5	5	3	3	3	44
Physik	—	—	—	—			3	3	3	

Die Verteilung des Lehrstoffs ist in *VI* bis *UIII* ebenso wie an den Realgymnasien. In *OIII* ist für Physik angesetzt: das Wichtigste aus der Lehre von der Wärme, dem Licht und dem Schall; für Chemie: Zusammenfassende Beschreibung der wichtigsten Mineralien und Gesteine; die Haupttatsachen der Geologie. — In *UII* für Physik: Reibungselektrizität, Hauptwirkungen des elektrischen Stroms; das Wichtigste aus der Mechanik der starren, flüssigen und luftförmigen Körper [dieser letztere Abschnitt fehlt an den Realgymnasien ganz]; für Chemie: Qualitative und quantitative Beziehungen einer kleineren Zahl von Elementen; chemisches Äquivalent (auf rein experimentellem Wege zu ermitteln). Wesen der Säuren, Basen und Salze nach ihren qualitativen und quantitativen Wechselbeziehungen; Oxydation,

Reduktion und allgemeine Lösungserscheinungen.

In *O II* Physik: Grundbegriffe der Mechanik; Lehre von der Wärme und vom Licht (sog. geometrische Optik). — Chemie: Nichtmetalle und Leichtmetalle im Zusammenhang mit chemischer Technologie. Volumen-, Atom- und Molekulargewicht der Gase und ihr Zusammenhang. Elektrische Dissoziation; periodisches System.

In *U I* Physik: Statische Elektrizität, Galvanismus, Elektrodynamik. Zentralbewegungen. — Chemie: Schwermetalle und ihre Technologie, die einfachsten Vertreter aus der Reihe der Alkohole, organische Säuren, Äther und Kohlenwasserstoffe in ihrem Zusammenhang und ihrer Bedeutung für technologische und physiologische Vorgänge.

In *O I* Physik: Pendel, Sinusschwingungen, Wellenbewegung. Elektrische Schwingungen, Schall, Optik. Kosmographie. — Chemie: Geologie.

Für die Schülerübungen und das Ziel des gesamten Unterrichts gelten dieselben Bestimmungen wie an den Realgymnasien. Die Verteilung des Stoffs erscheint in Physik wie in Chemie systematischer als an den Realgymnasien. Die Trennung der Mechanik in mehrere Abschnitte entspricht einem auch schon in den Meraner Lehrplänen aufgetretenen Vorschlage. In den „Bemerkungen“ ist dazu noch gesagt: Die Schüler sollen sich in *O II* mit Hilfe der elementaren Vorstellungen von Bewegung, Beschleunigung, Kraft usw. die mechanischen Vorstellungen von gleichförmiger und beschleunigter Bewegung herausarbeiten; in *U I* schließen sich die Betrachtungen an, welche die Kenntnis der allgemeinen Rotationsbewegungen zur Voraussetzung haben, und die Klasse *O I* schließt mit dem ab, was als Bewegung im elastischen Mittel aufgefaßt wird und sich an Pendelbewegung und Sinusbewegung anschließt“.

Aus dem übrigen Inhalt der „Bemerkungen“ sei noch folgendes hervorgehoben: „Es muß den Schülern der Unterschied zwischen Erfahrungstatsachen und feststehenden wissenschaftlichen Wahrheiten einerseits und Hypothesen andererseits klar werden. An geeigneten Beispielen ist die Bedeutung der Hypothese als eines Arbeitsmittels klar zu legen.“

In betreff der Stundenzuteilung wird schließlich noch bestimmt, daß der Physik in *O III* und *U II* je zwei, der Biologie in den oberen Klassen je eine Stunde zuzuweisen ist. —

Die Stundenzahl für die gesamten Naturwissenschaften ist gegen den Lehrplan von 1895 um 3 Stunden vermehrt, die aber ausschließlich der Biologie zugute kommen.

Aus dem Lehrplan für Mathematik sei erwähnt, daß die darstellende Geometrie als besonderes Fach aufgegeben ist; andrerseits sollen die aus der Analysis und der analytischen Geometrie genommenen Abschnitte den Schüler dazu führen, „daß er zu erkennen vermag, wie die Entwicklung des ganzen Bereichs der Naturwissenschaften nur durch die Benutzung mathematischer Gedanken und Vorstellungen, insbesondere der Gedanken der Infinitesimalrechnung möglich und die Mathematik zur Trägerin naturwissenschaftlicher Erkenntnis geworden ist“. Man erkennt hierin unschwer den Einfluß moderner, auf die Reform des mathematischen Unterrichts gerichteter Bestrebungen. *P*

Die neuen Lehrpläne für höhere Schulen in Württemberg. Die Pläne sind im Amtsblatt des Kgl. Württemberg. Ministeriums des Kirchen- und Schulwesens vom 30. August 1912 veröffentlicht.

1. An den *Gymnasien* ist folgende Stundenverteilung vorgesehen:

	I	*II*	*III*	*IV*	*V*	*VI*	*VII*	*VIII*	*IX*	Summa
Naturgeschichte	2	2	2	—	—	—	—	2	2	10
Physik und Chemie . . .	—	—	—	—	—	2	2	2	—	6

Von den 6 Std. für Physik und Chemie sind die 2 Std. in *VI* für Chemie bestimmt, es bleiben also für Physik insgesamt 4 Std., je 2 in *VII* und *VIII* übrig. Diese kümmerliche Berücksichtigung der Physik muß gerechte Verwunderung erregen. Die Lehrvorschriften beschränken sich denn auch auf die Empfehlung einer zweckmäßigen Auswahl des Stoffes unter Verzicht auf eine eingehende mathematische Behandlung; es ist nicht recht abzusehn, wie die Schüler dabei zu einer „einheitlichen Auffassung der physikalischen Erscheinungen“ gelangen sollen. Für die Chemie in *VI* ist ein propädeutischer Kurs von der üblichen Abgrenzung vorgeschrieben; die dafür angesetzte Zeit ist doppelt so groß

als die an preußischen Gymnasien im Höchstfall zur Verfügung stehende.

2. Für die *Realgymnasien* ist nachstehende Stundenverteilung angeordnet:

	I	*II*	*III*	*IV*	*V*	*VI*	*VII*	*VIII*	*IX*	Summa
Naturgeschichte	2	2	2	2	1	—	—	2	2	13
Physik	—	—	—	—	2	2	2	2	2	10
Chemie	—	—	—	—	—	2	2	—	—	4

Die Gesamtzahl der Stunden ist gegen 1904 um 6 Std. erhöht worden, doch ist für eine Realanstalt die Zahl der Physik- und Chemiestunden noch immer recht gering; sie beträgt in der Physik nicht mehr als an vielen Preußischen Gymnasien, denen dafür freilich die Biologie auf der Oberstufe fehlt.

3. Für die *Oberrealschulen* gilt folgender Lehrplan:

	I	*II*	*III*	*IV*	*V*	*VI*	*VII*	*VIII*	*IX*	Summa
Naturgeschichte	2	2	2	2	1	1	1	2	2	15
Physik	—	—	—	—	2	1	2	2	3	10
Chemie	—	—	—	—	—	2	2	2	—	6

Auch hier hat gegen den vorhergehenden Plan von 1903 eine Vermehrung der Stunden, in Naturgeschichte um 1, in Physik und Chemie um 5 stattgefunden. Dies ist hauptsächlich dadurch erreicht, daß die Mathematik, die allerdings an Hypertrophie litt, um insgesamt 10 Std. verkürzt worden ist. Doch ist der hierdurch erzielte Gewinn nur zu einem Teil der Naturwissenschaft zugute gekommen die Stundenzahl für Physik geht selbst hier nicht wesentlich über die an preußischen Gymnasien erreichbare hinaus, während sie gegen die preußischen Oberrealschulen für die Naturwissenschaften insgesamt noch um 5 Std. zurückbleibt.

Die Lehraufgaben für **Physik** schreiben in *V* und *VI* eine propädeutische Behandlung vor. Dann folgen (übereinstimmend für R.-G. und O.-R.) in *VII*: Die wichtigsten Kapitel aus der Mechanik; freier Fall; Grundbegriffe der Dynamik und Energetik; Wärme. — In *VIII*: Harmonische Schwingung; Wellenlehre; Akustik und Optik. — In *IX*: Ergänzungen zur Dynamik; absolutes Maßsystem; Zentralbewegung; Pendelgesetze; Magnetismus und Elektrizität. Zusammenfassender Rückblick auf die Gesamtheit der Energieverwandlung.

In den Vorschriften über das Lehrverfahren ist an die Spitze der Grundsatz I der Meraner Vorschläge gestellt, daß die Physik nicht als Zweig der angewandten Mathematik, sondern als Naturwissenschaft zu behandeln sei; die mathematische Behandlung soll sich auf die grundlegenden Entwicklungen beschränken und alle formellen Schwierigkeiten vermeiden. Auf der Oberstufe ist „den großen systematischen Zusammenhängen nachzugehn und zu einer einheitlichen Auffassung der Gesamtheit der physikalischen Erscheinungen hinzuleiten“. Aufgabe dieser Stufe sei es auch, „die logischen und psychologischen Grundlagen der Physik zu besprechen, die angewandten Methoden zu diskutieren, die Genauigkeit der Beobachtung zu erörtern und auf die Grenzen der Naturerkenntnis hinzuweisen.“ Gerade in anbetracht dieser besonders für die O.-R. überaus wünschenswerten Aufgaben wäre es aber erforderlich, daß dem Unterricht eine größere Stundenzahl zugewiesen würde; diese guten Dinge brauchen Zeit und Ruhe.

Die Lehraufgaben für **Chemie** umfassen einen vorbereitenden Lehrgang in *VI*, an diesen schließt sich an den R.-G. in *VII*, an den O.-R. in *VII* und *VIII* der Hauptlehrgang an, der auch eine Übersicht der wichtigsten Mineralien und ausgewählte Kapitel aus der organischen Chemie umfaßt. Die Geologie ist der Naturgeschichte (1/4 Jahr in *IX*) zugewiesen.

Die naturwissenschaftlichen **Schülerübungen** sind in einem besonderen Abschnitt behandelt; sie sollen fakultativ sein, in der Regel soll 12 als Höchstzahl der Teilnehmer nicht überschritten werden. Kommen alle drei Arten von Übungen (in Physik, Chemie und Biologie) zustande, so sollen die Übungen in einem Fach zunächst auf eine Klasse beschränkt sein; wo nicht alle drei Arten zustande kommen, können etwa die physikalischen Übungen mit denselben Schülern durch zwei Klassen hindurchgeführt werden.

Für die physikalischen Übungen werden folgende Anhaltspunkte gegeben: Quantitative Messungen an einfachen Apparaten. Bestätigung allgemeiner Gesetze (z. B. des Gesetzes von Coulomb). Bestimmung physikalischer Konstanten (spezifisches Gewicht, Leitungswiderstände). Graphische Darstellung funktionaler Zusammenhänge auf Grund von Messungsergebnissen.

Für die chemischen Übungen: Handhabung einfacher Apparate und Geräte. Verbindung und Trennung von Stoffen; Herstellung einfacher Präparate. Quantitative, besonders gasvolumetrische und maßanalytische Bestimmungen. Reaktionen der wichtigsten Ionen. Elektrolytische Dissoziation. Osmose. Versuche mit organischen Stoffen. Übungen im Bestimmen von Mineralien. *P.*

Die Entwicklung der chemischen Schülerübungen. (Originalbericht.) Vom Standpunkt des Unterrichts aus wird es immer das bedeutsamste Blatt im Ruhmeskranze Liebigs bleiben, daß er mit klarem Blick erkannte, wie gerade für das Eindringen in die Chemie praktische Laboratoriumsübungen besonders notwendig sind, und daß er — aus dürftigen Anfängen heraus und nicht ohne schwere Kämpfe — die ersten Arbeitsstätten für praktische Übungen geschaffen hat. Kurz nachdem er die fabelhaft frühzeitig erlangte Professur in Gießen angetreten hatte (1824), richtete er in einem verlassenen Wachtgebäude das erste chemische Universitäts-Laboratorium ein, dessen Hauptarbeitsraum nur 38 qm umfaßte, und dessen erste Vergrößerung im Jahre 1835, dessen letzte 1839 erfolgte*). Wenn auch diese Arbeitsstätten, nach deren Muster bald in vielen Universitätsstädten weitere errichtet wurden, nur für die Ausbildung der Chemie-Studierenden bestimmt waren, so sind sie doch auch für die Errichtung von Schullaboratorien von großer Bedeutung geworden. Das eigentliche Entstehen praktischer chemischer Übungen in den höheren Schulen ist jedoch — wie wir an anderer Stelle dieser Zeitschrift (dieses Heft, S. 48) glauben nachgewiesen zu haben — nicht unmittelbar auf Liebig zurückzuführen. Das Verdienst Liebigs auch um diese Übungen ist vielmehr darin zu suchen, daß er durch seine großartige Initiative auf akademischem Gebiet in außerordentlichem Maße dazu beigetragen hat, daß der ganze Gedanke, die ganze Wertschätzung der praktischen Übungen so schnell durchgedrungen ist.

Weniger bekannt und beachtet ist die Tätigkeit, die F. Wöhler auf dem Gebiete der chemischen Laboratoriumsübungen entfaltet hat. Wie an der eben erwähnten Stelle (S. 49) näher ausgeführt wird, ist Wöhler, der in den 1820er Jahren an der „Städtischen Gewerbeschule“ in Berlin wirkte, und ebenso K. F. Klöden, der das Direktorat dieser Schule innehatte, ein hervorragender Anteil an der Ausbildung und Entwicklung der chemischen Schülerübungen zuzuschreiben. Jedenfalls wurde bereits an dieser ersten und an anderen bald darauf entstehenden „Gewerbeschulen“, aus denen in der Folge die „Oberrealschulen“ hervorgingen, in ziemlichem Umfange chemisch praktisch gearbeitet. In ähnlicher Weise wurden an den „Realschulen erster Ordnung“, die später in „Realgymnasien“ umgewandelt wurden, chemische praktische Übungen betrieben. Den jetzt so sehr in Aufnahme gekommenen physikalischen Schülerübungen gegenüber besitzen daher die chemischen den Vorzug der Tradition; chemische Schülerübungen waren es, die zuerst zeigten, von welchem Werte die praktische Betätigung der Schüler sein kann. Gerieten auch diese Schülerübungen mehr und mehr auf die falsche Fährte der einseitigen Analyse, so wurde doch durch sie der Blick für das Praktische geschärft, die manuelle Geschicklichkeit gefördert, kurz, die chemischen Schülerübungen bildeten den ersten Arbeitsunterricht auf naturwissenschaftlichem Gebiete.

Sowohl in dieser Zeitschrift wie auch seitens der Deutschen Unterrichtskommission wurde dann lebhaft für die Abkehr von dem ausschließlichen Betrieb der Analyse eingetreten und der engere Anschluß der chemischen Übungen an den Klassenunterricht gefordert. In gleicher Weise wirkten die auf praktische Betätigung der Schüler hinarbeitenden Bestrebungen in England und Amerika, die sich zuerst gerade auf chemischem Gebiet geltend machten, auf eine größere Ausbreitung und auf eine Umgestaltung der chemischen Schülerübungen in Deutschland hin. In welchem Umfange die chemischen Schülerübungen im Jahre 1906 an den Realanstalten vertreten waren, wurde durch eine Umfrage der Unterrichtskommission festgestellt; man vergleiche deren Bericht 1907 (Leipzig, W. Vogel) S. 76 ff. Die dort angeführte Zahl — 100 von 147 befragten Anstalten — wird sich jedoch inzwischen er-

*) Vgl. „Justus von Liebig“ von J. Volhard, Bd. 1, S. 57 ff.

heblich vergrößert haben, und zwar hauptsächlich infolge des Ministerialerlasses vom 13. Juni 1910, der den Wert der chemischen Schülerübungen stark betont, und demzufolge die Einrichtung solcher Übungen an Realanstalten überall da anzustreben ist, wo diese noch nicht vorhanden sind. Auch eine größere Reihe von Leitfäden für die chemischen Laboratoriumsübungen und von ähnlichen Werken, die mehr oder weniger deutlich den Umschwung in Betrieb und Stellung der chemischen Schülerübungen erkennen ließen, konnte in dieser Zeitschrift näher besprochen werden. In dieser Hinsicht sei besonders auf die Artikel des Ref. „Chemische Schülerübungen" [*XXI*, *200*], „Die Schülerübungsfrage im chemischen Unterricht" [*XXI*, *404*] und „Neuere Fortschritte der chemischen Methodik" [*XXV*, *189*]). Zumal das in dem letzterwähnten Bericht näher gekennzeichnete „Vorbereitungsbuch" von K. Scheid enthält eine große Zahl von chemischen Schülerversuchen, die mehr oder weniger leicht in den Gang des sonstigen Unterrichts eingeflochten werden können.

Hand in Hand mit dieser Umgestaltung der chemischen Schülerübungen geht das Bestreben des Hochschulunterrichts, mehr und mehr Kurse einzurichten, in denen nicht die Analyse, sondern die Übung im Experimentieren, insbesondere im Schulexperiment, gepflegt wird. Auch auf diesem Gebiete hat die Deutsche Unterrichtskommission segensreich gewirkt (vgl. den eingehenden Bericht des Ref. „Über den chemischen Hochschulunterricht für Lehramtskandidaten", diese Zeitschr. *XIX*, *S. 312...318*). Wenn wir auch an dieser Stelle dafür eintreten müssen, daß die letzte Ausbildung der Lehramtskandidaten im methodisch gearteten Schulexperiment am besten in der Hand erfahrener Oberlehrer liegt, so sind doch die Vorbereitungen hierzu auf der Hochschule von großem Wert. Als Niederschlag einer etwa achtjährigen Betätigung in solchen Hochschulkursen hat M. Dittrich, Prof. an der Universität in Heidelberg, ein Buch „Chemische Experimentierübungen für Studierende und Lehrer" herausgegeben, das in trefflicher Weise in das Schulexperiment einführt, und das auch eine große Reihe einfacher Versuche aus der anorganischen und organischen Chemie enthält, die sich für die chemischen Schülerübungen nutzbar machen lassen*).

*) Heidelberg, C. Winter, 1911. XX u. 272 S. M 5,—, geb. M 5,80.

Die Erkenntnis, daß chemische Schülerübungen und chemischer Klassenunterricht in engstem Zusammenhange stehen und sich gegenseitig befruchten müssen, bricht sich immer mehr Bahn, und so dürfte es zurzeit nur noch ganz vereinzelte Anstalten geben, in denen der alte Betrieb der Analyse weiter aufrecht erhalten wird; und daß es noch eine Anstalt gibt, in der chemischer Klassenunterricht und chemischer Laboratoriumsunterricht nicht in einer Hand liegen, erscheint ganz ausgeschlossen. Als ein Zeichen dafür, welch schnelle Fortschritte die chemischen Schülerübungen nach der angegebenen Richtung hin machen, darf es auch angesehen werden, daß der in dieser Zeitschr. *XXI*, *201* bereits besprochene, treffliche „Leitfaden für die chemischen Schülerübungen" von E. Löwenhardt bereits in zweiter Auflage vorliegt*). Der Verfasser tritt in diesem Leitfaden dafür ein, daß die Schülerübungen die Grundlage des chemischen Unterrichts bilden sollen. Insbesondere wird auch die Notwendigkeit der chemischen Schülerübungen gerade für den chemischen Anfangsunterricht hervorgehoben. Dieselben Grundsätze, nur noch in weiterer Ausführung und eingehenderer Begründung, hat der Verfasser zusammen mit L. Doermer in dem gemeinsamen Referat über „den chemischen Unterricht der Realanstalten" zum Ausdruck gebracht (vgl. diese Zeitschr. *XXV*, *397*). Der wesentlichste Inhalt der bemerkenswerten Ausführungen beider Berichterstatter spiegelt sich in deren „Leitsätzen" wieder, die hier mitgeteilt werden sollen: I. 1. Gesetze und Theorien sind auf Grund einer hinreichenden Zahl quantitativer Versuche zu entwickeln. 2. Die Behandlung der Theorien wird der Oberstufe vorbehalten. 3. Der chemische Unterricht erfüllt seine Aufgabe als Arbeitsunterricht nur dann, wenn die Schülerübungen zur Grundlage des Gesamtunterrichtes ausgestaltet und für alle Schüler verbindlich werden. 4. Auf allen Stufen, vor allem im Anfangsunterricht, ist der experimentelle Teil so weit als möglich in den Schülerübungen zu erledigen. Die Demonstrationen des Lehrers erstrecken sich nur auf Versuche, die sich zur Ausführung durch Schüler nicht eignen. — II. 1. Der auf verbindliche Schülerübungen gegründete chemische Unterricht setzt Beschränkung des Lehrstoffes auf das Allerwichtigste voraus. 2. Aus der allgemeinen Chemie, aus der Geschichte der Chemie und

*) Leipzig u. Berlin, B. G. Teubner, 1912. 122 S. M 1,80, Geb. M 2,40.

aus der chemischen Technologie sind einige zusammenhängende und besonders bedeutsame Abschnitte gründlicher zu behandeln. 3. Zugunsten qualitativer und quantitativer Schülerversuche, die mit dem Lehrstoff in unmittelbarstem Zusammenhang stehen, hat die früher vielfach bevorzugte qualitative Analyse wesentlich zurückzutreten. 4. Die Zahl der unter einem Lehrer arbeitenden Schüler sollte in den Oberklassen 12, in den Mittelklassen 20 im allgemeinen nicht übersteigen. 5. Zur Bewältigung der durch den auf Schülerübungen gegründeten naturwissenschaftlichen Unterricht entstehenden mechanischen Mehrarbeit sollte, wenigstens an den Realvollanstalten, eine technische Hilfskraft eingestellt werden.

Man wird den meisten dieser Forderungen wohl allgemein zustimmen, doch stehen ihrer Durchführung — besonders hinsichtlich der wichtigsten Frage, nämlich der der Eingliederung der allgemein verbindlichen Schülerübungen — zurzeit noch erhebliche Schwierigkeiten entgegen, auf die übrigens auch vom zweiten Referenten gebührend hingewiesen wurde. (Schluß folgt).

O. Ohmann.

5. Technik und mechanische Praxis.

Der elektrische Betrieb von Eisenbahnen*). Die Dampfeisenbahn ist in den rund 100 Jahren ihres Bestehens zu überaus umfangreicher Anwendung gelangt, sie ist uns unentbehrlich geworden, und die Gesamtleistung aller z. Z. in Dienst stehenden Lokomotiven ist eine ganz gewaltige. Dem entspricht aber auch der Verbrauch an Kohle; und da deren Vorrat begrenzt ist, während der Verkehr immer noch wächst, so hat man schon des öfteren auf das immer drohender werdende Versiegen unserer Kohlenschätze hingewiesen und die Frage nach deren Ersatz gestellt. Als solcher kann, wo es sich nur um örtliche mechanische Kraftleistungen handelt, zunächst das Wasser: die „weiße Kohle" Verwendung finden. Für Gefährte ist es nicht tauglich; der Versuch eine „Hydrolokomotive" zu konstruieren ist allerdings vor mehreren Jahren gemacht worden[1]), es würden aber, abgesehen von zu geringer Leistungsfähigkeit, die Anlagekosten sehr hoch. Wesentlich aussichtsreicher ist die Anwendung von Elektromotoren, denn man kann ja erhebliche Mengen elektrischer Energie mit geringem Verluste über weite Strecken durch verhältnismäßig billige Leitungen fortleiten; man ist damit in der Lage, Wasserkräfte in weit größerem Umfange als bisher ausnutzen zu können. Ferner kann man nun auch Dampfzentralen in verkehrsferneren Gegenden da errichten, wo minderwertige, den Transport daher nicht lohnende, Kohlenschätze lagern, deren Preis mangels anderweiter Verwendbarkeit sehr gering ist.

Den ersten gelungenen Versuch, eine Bahn elektrisch zu betreiben, machte W. Siemens 1879 in Berlin. Er benutzte eine kleine Lokomotive und führte dieser den Strom durch eine besondere mittlere „dritte" Schiene mittelst Schleifkontakt zu, durch die Räder und Laufschienen zurück. Bemerkenswert ist ferner: die Bahn-Versuchsstrecke nach dem Spandauer Bock bei Berlin 1880: Oberleitung auf Stange neben dem Gleise mit rollendem, vom Motorwagen geschlepptem „Kontaktwagen"; die Bahnen Frankfurt a. M.-Offenbach und Brühl-Mödling mit „Schlitzrohroberleitung" und in diesem gleitendem „Kontaktschiffchen", das ähnlich dem Schiffchen einer Nähmaschine gestaltet durch ein Kabel vom Wagen in dem Schlitzrohr entlanggezogen wird (1881÷82); die Einführung des „Rollenkontaktes": tiefrillige Rolle an langer Stange, welche durch Federn an einen über dem Gleise gespannten Draht gepreßt wird, durch Van Depoele in Amerika, (Thomson Houston Co.) 1887. Der erste größere elektrische Bahnbetrieb in Deutschland war der der Stadtbahn Halle (Saale), eingerichtet 1891 durch die Allgemeine Elektrizitäts Gesellschaft-Berlin[2]). Einen interessanten Versuch machte seinerzeit die Firma Schuckert & Co. 1894 mit „Kontaktknopfbahnen" in München, deren Prinzip folgendes ist: man kehrt sozusagen die Verhältnisse um, indem man unter dem Wagenboden in der Gleisachse eine Schiene anbringt, im Gleise selbst aber in Abständen, die etwas kleiner sind als die Länge der genannten Schiene, besondere Kontaktapparate einbaut, welche selbsttätig vom Wagen immer erst kurz vor der Berührung eingeschaltet und etwas

*) Originalbericht. Nachdruck verboten.

[1]) Vgl. einen Aufsatz mit Abb. in der „Elektrotechn. Rundschau." Die Bahn war mit „Oberleitung" gedacht, einem Kanal, aus dem das Wasser durch einen Heber auf das oberschlächtige mit besonderer Schaufelform konstruierte Rad floß.

[2]) Noch heute in Betrieb!

gehoben werden. Derartige Systeme gibt es mehrere[3]), dauernd in Anwendung erhalten hat sich keines, es ist bei Versuchsanlagen geblieben. — Weiter hat man Versuche mit „Akkumulatorwagen" gemacht[4]), diese erwiesen sich aber zunächst als zu schwer, nicht genügend leistungsfähig und zu teuer.

Eine besondere Aus- und Durchbildung erhielten die elektrischen Bahnen in den Vereinigten Staaten von Nord-Amerika; dort wurden in schneller Folge eine große Anzahl solcher Bahnen gebaut, und dabei entwickelten sich gewisse Grundsätze für die allgemeine Anordnung der elektrischen Einrichtung und deren Ausführung im einzelnen, so: die Verwendung zweier Motoren, die man zunächst hinter, dann nebeneinander schaltet (Serien-Parallelschaltung), die „Fahrschalter" (Kontroller) in Gestalt eingekapselter stehender Walzen mit eingelassenen Kontaktklötzen, auf denen feststehende Kontaktfinger schleifen, die mit den einzelnen Klemmen der Widerstände, Bürsten und Feldmagnete verbunden sind, so daß einfaches Drehen der Kontrollerkurbel zur Betätigung der Motoren vor und rückwärts in allen vorgesehenen Gangarten genügt.

Eins der größten Straßenbahnnetze ist das Berliner, das im wesentlichen sich in den Händen einer einzigen Gesellschaft befindet. Diese begann die Umwandlung des Pferdebetriebes in elektrischen 1896 anläßlich der Berliner Gewerbe Ausstellung und versuchte dabei auch die unterirdische Stromzuführung in Schlitzkanal; hierbei ist die „Rille" der einen Schiene durchgehend, so daß letztere aus 2 Teilen besteht, die „Schienenstühle" sind aber große Eisenrahmen, senkrecht quer zur Schiene stehend, welche von einem Betonkanal umhüllt werden und im Innern auf Isolatoren eine starke Kupferleitung tragen; der Wagen besitzt ein starres in den Kanalschlitz einsenkbares Stück, das elastisch die Kontaktfedern enthält. Diese Anordnung hat aber nicht sonderlichen Beifall gefunden, sie ist gegen Regen und namentlich Schneewetter empfindlich, und man hat daher auch diese Strecken mit Oberleitung versehen.

Den elektrischen Straßenbahnen folgten Vorortbahnen mit größerer Geschwindigkeit. Man blieb dabei bei dem bisherigen System, insofern man auch in diesen Fällen Motorwagen verwendete; elektrische Lokomotiven haben erst in neuester Zeit wieder besondere Bedeutung erlangt. Schon 1894 wurden auf den Baltimorer Tunnelstrecken der Baltimore-Ohio-Railway schwere elektrische Lokomotiven in Betrieb genommen, um die Belästigung der Reisenden und Anwohner durch den Rauch zu vermeiden; dann folgte die Eröffnung der ebenfalls mit elektrischen Lokomotiven betriebenen Waterloo & City Railway in London 1898 und der Central London Railway 1900 (beides Untergrundbahnen). Dieselben Gründe wie in Philadelphia veranlaßten auch in Paris die Einführung des elektrischen Lokomotivbetriebes auf der Orléans Bahn (1900). Im weiteren Verlaufe sind besonders erwähnenswert die Versuche der Studiengesellschaft für elektrische Schnellbahnen, welche, gegründet auf Veranlassung und unter Mitwirkung des Kgl. Preuß. Min. d. öff. Arb. von den in Frage kommenden Kreisen, in den Jahren 1901÷1903, Versuche auf der Strecke Berlin-Zossen anstellte. Zur Verwendung gelangten riesige Motorwagen für Dreiphasenstrom. Die Ergebnisse dieser Versuche waren: Es muß Hochspannung verwendet werden, Dreiphasenstrom ist ausgeschlossen, da die Leitung zu teuer wird und nicht in das „Normalprofil" der Bahnen hineinzubringen ist, es lassen sich ohne sonderliche Änderung auf den üblichen Gleiskonstruktionen Geschwindigkeiten bis 200 km in der Graden erzielen, Zahnräder sind mißlich und zu vermeiden (die Wittfeldschen Grundsätze, zuerst aufgestellt in einem Vortrage 1902).

So blieb nur, da hochgespannter Gleichstrom umständlich zu erzeugen ist[5]), die Anwendung von Einphasenstrom übrig, für den zunächst die Motoren fehlten. Diese erschienen als die „Einphasen-Kollektormotoren", deren erster von Lamme 1902 konstruiert wurde; es sind dies Motoren, deren Anker ganz wie die von Gleichstrommotoren vielteilige Kollektoren besitzen, und als Ring- oder Trommelanker gebaut sind. Diese Anker werden wie bei Gleichstrom polarisiert, nur oszilliert die Polarität gemäß der Periodenzahl um 180°. Sorgt man dadurch, daß man auch den Feldmagneten aus isolierten Eisenblechen aufbaut, dafür, daß ihr Magnetismus ebenso schnell

[3]) Nähere Angaben über die verschiedenen Kontaktknopfbahnsysteme enthält eine s. Z. von S. Schuckert & Co. herausgegebene vorzüglich ausgestattete Druckschrift.

[4]) Berlin 1896 u. a.

[5]) Gleichstromspannungsbahnen mit je 1000 Volt Betriebsspannung sind z. B. Berchtesgaden—Landesgrenze, B.—Königsee, Grenze—Salzburg, Frankfurt—Hamburg, Innsbruck—Hall, sämtlich v. d. Allgem. El. Ges. erbaut.

oszillieren kann, wie der des Ankers, dann bleiben die Beziehungen zwischen Anker und Feldpolen relativ zueinander trotz des ständigen Polaritätswechsel unverändert, wie bei Gleichstromspeisung; der Motor läuft in jeder Stellung ohne Schwierigkeit an und ist in bekannter einfacher Weise regelbar. Dieser Fortschritt war höchst wichtig, denn die Anfang der 90er Jahre gemachten Versuche mit Drehstrom Bahnen (Lugano, BROWN BOVERI & Co.) hatten nicht sonderlich befriedigt, die für solche erforderliche doppelte Oberleitung machte zudem, namentlich in größeren Netzen, die Anlage zu verwickelt und teuer. —

Die Betriebsmittel müssen nun nicht nur der Stromart sondern noch anderen Anforderungen angepaßt sein: betriebssicher, d. h. möglichst wenig empfindlich, leicht bedienbar und zu den vorhandenen Betriebsmitteln passend; daher ist man ganz entgegen der früher viel geäußerten Ansicht: der große Vorteil elektrischen Betriebes sei die bequeme Ausnutzbarkeit des ganzen Zug- als Reibungsgewichtes durch Anwendung von Motorwagen, zur Einführung von Lokomotiven geschritten, und hat bei diesen sogar den Schubkurbelantrieb beibehalten; man baut große langsam laufende Motoren auf einen Stahlrahmen, der mit einem wagenähnlichen Gehäuse überdeckt ist, und treibt von diesem aus mittelst Pleuelstange zunächst eine keine Räder tragende, zwischen den Radachsen in gleicher Höhe und parallel mit dieser gelagerte sog. „Blindwelle" an, deren Kurbeln erst durch eine zweite Pleuelstange (wagerecht) die Treibradkurbeln fassen. Man vergleiche die nebenstehende Abbildung einer 2—B—1 Schnellzuglokomotive der A.E.G. Für die Preuß. Staats-Eisenbahn-Verwaltung sind z. Z. teils geliefert, teils im Bau:

Typ	Lieferant	Motor.-Leistung	total
		PS.	PS.
2—B—1	A.E.G.[6])	1200	1200
2—B—1	BERGMANN	1500	1500
2—B—1	S.S.W.[7])	1100	1100
0—D—0	A.E.G.	800	800
0—D—0	A.E.G LAHMEYER	800	800
0—D—0	B.B.C.[8])	600	800
0—D—0	M.S.W.[9])	600	600
0—D—0	S.S.W.	600	600
1—C—1	S.S.W.	1900	1900
1—C—1	S.S.W.	1000	2000
1—C—1	BERGMANN	1000	2000
1—C—1	S.S.W.	1250	1250
0—D—0	M.S.W.	1000	2000

Wie hieraus ersichtlich, besitzt die elektrische Vollbahnlokomotive schon heute große Bedeutung. —

Was nun die Stromzuführung anbelangt, so ist man bei der bei den Straßenbahnen erprobten Oberleitung geblieben, hat dieser aber in der „Kettenoberleitung" eine geeignetere Form gegeben. Damit nämlich der „Fahrdraht" möglichst wagerecht bleibt

[6]) ALLGEM. EL. GESELLSCHAFT.

[7]) SIEMENS-SCHUCKERT-WERKE.

[8]) BROWN, BOVERI & CO.

[9]) MAFFEI-SCHWARTZKOPFF-WERKE.

und den entlanggleitenden Schleifkontakt, der als federnder Bügel quer zum Gleise an Gelenkvierecken ausgeführt wird, nicht in Schwingungen versetzt, was den Fahrdraht gefährden würde, wird letzterer mittelst kurzer Verbindungsdrähte an einem von Aufhängepunkt zu Aufhängepunkt die Form einer Kettenlinie zeigenden „Tragedraht" aufgehängt, wobei man teils durch Wahl des

Die elektrische Lokomotive erlaubt ohne weiteres die zurzeit in Benutzung stehenden Wagen weiter zu verwenden, gleichzeitig also auf denselben Strecken Dampfmaschinen laufen zu lassen, bzw. auf längst benutzten Strecken ganz allmählig den Betrieb zu elektrifizieren. Nachstehend seien die Daten für einige von der ALLGEM. EL.-GES. gebaute Lokomotiven mitgeteilt:

Bahn:	Erbauer	Mech. Teil von	Fertig	Art*)	Motorenzahl	Leistung Zugkr.)	Gewicht	L	H	B
							to	m	m	m
Lötschberg	A.E.G.	KRAUS (München)	1910	2 × 1—B—0	2	—	96,0	15,75	3,15	3,70
Karlsruhe—Herrenalb	-	A. E. G.	1911	Zahnrad	4	—	30,0	10,60	2,70	3,51
Chemin de fer du Midi	-	HERSCHEL & SOHN	1911	1—C—1	2	—	85[illegible]	13,14	3,14	3,68
Neapel—Piedimonte .	-	- - -	1911	Drehgestell	4	—	30,0	10,60	2,60	3,44
Rjukanbahn	-	A. S. SKABO JERNBANEVOGN. FABR.	1911	-	4	—	44,0	10,72	2,96	3,54
-	-	A. S. SKABO JERNBANEVOGN. FABR.	1911	-	2	—	20,0	6,57	2,96	3,54
Wien—Preßburg . . .	-	W. L. F. FLORIDSDORF	1912	1—B—1	1	2450	52,0	—	—	—
Oranienburg	-	UNION (Königsberg)	1910	A—1—A	2	—	44,7	10,00	2,87	3,70
Altona—Hafenbahn . .	-	KRAUS & Co.	1911	0—B = B—0	4	2160	65,61	14,14	2,90	3,83
Lauban—Königszelt .	-	EGESTORFF	1911	1—C—1	2	—	96,0	13,82	3,86	3,86
Dessau—Bitterfeld . .	-	-	1911	2—B—1	1	1350	71,5	12,50	3,81	3,81
- - . .	-	-	1911	0—D—0	1	2500	63,0	10,50	3,80	3,80

Materiales, teils durch besondere Anordnung, auf die hier nicht einzugehen ist, dafür sorgen kann, daß die (mechanische!) Fahrdrahtspannung konstant und der Draht gerade bleibt. Mit Rücksicht auf die hohen zur Verwendung gelangenden Spannungen: 10000 Volt (!) ist der Isolierung des Fahrdrahtes besondere Sorgfalt zu widmen, und es kommen hierfür besondere Formen von Isolatoren (z. B. nach dem Vorbilde des bek. Spielzeuges geformte und benannte „Diaboloisolatoren") zur Verwendung. Die Leitung wird von „Jochen" getragen, welche die Gleise überbrücken. Diese Leitungsform ist auf den Strecken um Bitterfeld in Gebrauch, wo zunächst ein Tätigkeitsbereich für elektrische Lokomotiven geschaffen wurde, und wird ebenso auf den schlesischen Strecken eingebaut, deren folgende zurzeit für elektrischen Betrieb eingerichtet werden:

Lauban—Hirschberg	51,8 km
Hirschberg—Ruhbank	27,0 -
Hirschberg—Schmiedeberg—Ruhbank .	40,0 -
Liebau—Landeshut	16,7 -
Hirschberg—Schreiberhau—Grünthal . .	52,4 -
Ruhbank—Fellhammer—Königszelt . .	50,3 -
Halbstadt—Fellhammer—Nied.-Salzbrunn	28,0 -
Summa	252,9 km

Von den für die preußische Staatsbahn gebauten Lokomotiven stehen bereits mehrere im regelmäßigen Fahrdienst. —

Sind diese Maschinen für Beförderung schwerer Züge bestimmt, so fordern die Verhältnisse des Bahnbetriebes im allgemeinen noch Betriebsmittel schwächerer Leistung für Nachbarortsverkehr und schwach befahrene Strecken; auf letzteren wird der Betrieb nur dann lohnend, wenn man kleine Fahreinheiten, diese aber in kürzeren Zwischenräumen, laufen läßt, statt Züge in größeren Pausen. Diesem Bedürfnis entsprechen die „Motorwagen", deren vornehmlich 2 Typen eingeführt sind: „Akkumulator-Triebwagen" und „benzolelektrische Triebwagen".

Die „Akkumulatorwagen" sind Doppelwagen, bestehend aus zwei gleichen, durch eine sog. „Kurzkupplung" verbundenen

*) Die hier benutzte ist die auch amtlich übliche allgemeine Bezeichnungsweise; die Ziffern bedeuten: Anzahl der vorderen bezw. hinteren Laufachsen, die Buchstaben die Anzahl der Treibachsen, und zwar A = 1, B = 2 usw., so daß z. B. 0—D—0 eine vierachsige Maschine ohne Laufachsen bezeichnet (in anderer Bezeichnungsweise $^4/_4$).

Hälften, die sich zueinander wie Original und Spiegelbild verhalten: jeder Teil besitzt am freien Ende einen niedrigkastenartigen Vorbau mit emporklappbarem Deckel für die Batterie. und läuft auf zwei Achsen. Das Innere ist in zwei Abteilungen für 3. und 4., (auch einrichtbar für bzw. 2. und 3.) Klasse geteilt; die Wagenlänge beträgt $2 \times 12,65 + 0,31 = 25,61$ m, der Einzelradstand 8,8 m, der Gesamtradstand 22,11 m. Die Batterie besteht aus 168 Zellen in 12 Kästen zu je 14 Zellen, die beim Entladen, in Reihe geschaltet, 310 Volt ergeben. Die Motoren sind Hauptstrom Wendepolmotoren, $2 \times 80 = 160$ PS. Die Wagen sind mit elektrischer Beleuchtung und Luftdruckbremse ausgerüstet. Die gesamten Betriebskosten haben sich auf Grund eingehender Prüfung zu 41 Pf. per Wagenkilometer ausschließlich Batterieerneuerung ergeben. Die Fahrgeschwindigkeit beträgt $50 \div 60$ km auf der Wagerechten. Die ersten derartigen Wagen, elektrisch ausgerüstet von der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft, Berlin, wurden in den Direktionsbezirken Königsberg und Danzig in Betrieb gesetzt; 1909 besaß die K. Pr. E.-V. bereits 57, welche 22 Strecken von im ganzen 1229,3 km Länge befuhren, wozu bis 1910 noch 16 weitere Strecken mit 817,0 km traten. Als Mittelpunkte derartigen Betriebes seien angeführt: Kottbus (5 Zweigstrecken), Gotha (3 Zweigstrecken), Allenstein und Insterburg (je 4 Zweigstrecken), Limburg (desgl.)

Eine andere Form von Motorwagen, welche, für gleiche Betriebsverhältnisse bestimmt, wie die eben beschriebenen, insofern günstiger sind, als sie nicht von Ladestationen abhängig und für Durchfahrung längerer Strecken geeignet sind, sind die benzolelektrischen Triebwagen. Wie schon der Name sagt, handelt es sich dabei um eine besondere Anordnung: eine „innere" Kraftübertragung, man treibt mit einem Benzolmotor[10]) eine Dynamomaschine und speist mit dieser die Motoren, verfährt also grundsätzlich in gleicher Weise, wie seinerzeit Heilmann in seiner dampfelektrischen Lokomotive (1895,1900). Diese scheinbar umständliche Anordnung bietet den Vorteil, einen guten Lauf mit bequem regelbarer Geschwindigkeit und Verwendung des bekanntlich außerordentlich günstig arbeitenden Explosionsmotors zu erzielen. Die Elektromotoren sind nach Ward-Leonard geschaltet: Der Hauptgenerator ist eine Nebenschluß-Hilfspolmaschine, deren Feldmagnete in einem besonderen von einer Hilfsmaschine gespeisten Stromkreis liegen und immer nur soviel Strom erhalten, wie zur Erzeugung der für die jeweils erforderliche Geschwindigkeit nötigen Klemmenspannung dient. Diese Anordnung bietet den Vorteil, daß 1. Verluste in Vorschaltwiderständen fortfallen, 2. der Verbrennungsmotor mit praktisch gleichbleibender Belastung, also günstigster Umdrehungszahl und wirtschaftlichstem Brennstoffverbrauch läuft. Die Wagen sind 16,495 m lang, asymmetrisch: am einen Ende befindet sich ein niedriger Vorbau, in welchem die Maschinenanlage untergebracht ist; der Benzolmotor, N.A.G.[11]), hat 4 Zylinder und leistet 120 P.S. bei 700 U. i. d. Min., die Hauptmaschine liefert bei 300 Volt 66,0 Kilowatt, mit 700 U. i. d. Min. (Höchstleistung: 580 Amp. 30 Sekunden lang), die Erregermaschine 2,5 KW bei 70 Volt. Zum Antrieb dienen 2 Motoren für 300 Volt 230 Amp. bei 600 Umdrehungen, entsprechend je 82 P.S. Die Übersetzung beträgt 1 : 4,315, die Höchstgeschwindigkeit 65 km/std. bei 55 to Beförderungsgewicht. — Der erste benzolelektrische Wagen wurde seitens der A.E.G. 1907 geliefert; die neue eben beschriebene Type ist ein Ergebnis der mit dem erwähnten Wagen gemachten Versuche und Erfahrungen sowie von dem Geh. Oberbaurat Wittfeld gegebenen Anregungen.

Zur Verwendung gelangen in derartiger Motorwagen neuerdings meist sog. Wendepolmotoren. Die plötzliche Stromumkehr in den Ankerdrähten bei ihrem Umlaufe hat nämlich manche unangenehme Nebenerscheinung im Gefolge, z. B. Bürstenfeuer. Man hat daher mit Erfolg Hilfspole angebracht, welche gerade die induzierte störende E. M. K. beseitigen. Ein vierpoliger Wendepolmotor besitzt also zwischen den 4 Hauptpolen noch ebensoviele schmale Hilfspole. Näher auf diese Verhältnisse einzugehen, würde an dieser Stelle zu weit führen. —

Aus Vorstehendem erhellt, daß auch der elektrische Betrieb von Eisenbahnen über das Stadium des tastenden Versuches längst hinaus ist. Die Elektrotechnik vermag heute, nachdem die elektrische Straßenbahn zum gewöhnlichen Verkehrsmittel der Städte geworden ist, auch den schwereren Anforderungen des Vollbahnbetriebes zu genügen. Die Preußische Eisenbahnverwaltung hat von vornherein hier modernes Empfinden gezeigt und im Zusammengehen mit der Elektrotechnik Bedeutsames

[10]) Wohl zu beachten: nicht Benzinmotor!

[11]) Neue Automobil-Gesellschaft, Berlin-Oberschönweide.

geschaffen; es sei als auf größere derartige Betriebe, abgesehen von den obengenannten Vollbahnstrecken, hier hingewiesen auf die Hamburger Hochbahn und die staatliche (K. P. E. V.) Vorortbahn Blankenese-Ohlsdorf, sämtlich mit Motorwagenbetrieb. *W. Biegon v. Czudnochowki.*

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Landolt-Börnstein, Physikalisch-chemische Tabellen. Vierte umgearbeitete und vermehrte Auflage, mit Unterstützung der Kgl preuß. Akademie der Wissenschaften herausgegeben von Prof. Dr. R. Börnstein in Berlin und Prof. Dr. W. A. Roth in Greifswald. Mit dem Bildnis H. Landolts. Berlin, Julius Springer, 1912. XVI und 1313 S. Geb. M 56,—.

Diese neue Auflage ist gegen die vorige um 452 Seiten, d. h. um mehr als die Hälfte des Umfangs, vermehrt worden. Nicht weniger als 50 Mitarbeiter, deren Namen auf dem Titelblatt verzeichnet sind, und deren jeder auf seinem Sondergebiet durch eigene wissenschaftliche Tätigkeit heimisch war, haben den Herausgebern zur Seite gestanden. An allen Stellen sind die neuesten Bestimmungen sorgfältig berücksichtigt worden. Neu hinzugekommen sind die Werte der Schwerkraft für alle geographischen Breiten von 10 zu 10 Minuten, eine Tabelle minimaler Schichtdicken, die kritischen Daten für Mischungen und Lösungen, Temperaturleitfähigkeit, Angaben über den Joule-Thomson-Effekt, optische Konstanten einer Anzahl von Substanzen, magnetische Eigenschaften von Legierungen, die Konstanten der Gasionen; ferner Zusammenstellungen von anisotropen Flüssigkeiten und von Kältemischungen, homogene Gasgleichgewichte, Gleichgewichte zwischen organischen Substanzen, osmotische Drucke, Schmelz- und Umwandlungstemperaturen von Mineralien, Dissoziationskonstanten von Säuren und Basen, Leitfähigkeitsdaten für nichtwässerige Lösungen, Hydrolysengrade und Ionenprodukte, radioaktive Konstanten u. a. m. Außerdem sind namentlich die mineralogischen, thermochemischen und spektrochemischen Tabellen erheblich an Umfang gewachsen. Die neue Auflage ist in noch erhöhtem Maße als ein Zeugnis deutschen Fleißes und deutscher Gründlichkeit anzusehen, dem auch diesmal der Erfolg bei allen an der Pflege der Wissenschaft beteiligten Nationen nicht fehlen wird. *P.*

Die Fortschritte der Physik im Jahre 1911, dargestellt von der Deutschen Physikalischen Gesellschaft. 67. Jahrgang. I. Abteilung: Allgemeine Physik, Akustik, Physikalische Chemie; red. von Karl Scheel. 544 S. — II. Abteilung: Elektrizität und Magnetismus, Optik des gesamten Spektrums, Wärme; red. von Karl Scheel. 755 S. — III. Abteilung: Kosmische Physik; red. von Richard Aßmann. 650 S. Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn, 1912.

In der Abteilung I treten diesmal die Berichte, die sich auf das Relativitätsprinzip beziehen, als besonders bedeutsam hervor. Den größeren Teil der Abteilung umfaßt wiederum die Physikalische Chemie, fast durchweg von dem unermüdlichen Heinrich Böttger bearbeitet. In Abteilung II wird u. a. über die noch immer im Vordergrund der Forschung stehenden Erscheinungen der Elektrolumineszenz, der Kathoden-, Becquerel- und Röntgenstrahlen, sowie der Elektro- und Magnetooptik berichtet; in der Wärmelehre treten die neueren thermodynamischen Arbeiten besonders hervor. — Im Abteilung III dürften die Abschnitte über die Erforschung der oberen Luftschichten sowie über Luftfahrt und Flugwesen weitere Kreise interessieren, zumal es hier auch an kritischen Bemerkungen nicht fehlt. Recht reichhaltig ist diesmal auch der Abschnitt über meteorologische Optik. *P.*

Physikalische Freihandversuche. Unter Benutzung des Nachlasses von Bernhard Schwalbe zusammengestellt und bearbeitet von Hermann Hahn, Professor am Dorotheenstädt. R.-G. zu Berlin. III. Teil: Licht. Mit 420 Figuren im Text. Berlin, Otto Salle, 1912. 405 S. M 7,—.

Erst fünf Jahre nach dem Erscheinen des II. Teils ist der vorliegende III. Teil veröffentlicht worden, da der Verfasser durch andere Arbeiten, namentlich die praktischen Schülerübungen, in Anspruch genommen war. Der Band umfaßt nicht weniger als 738 Nummern und berücksichtigt auch die neuesten Publikationen, wie Volkmanns Praxis der Linsenoptik. Einer der Hauptvorzüge auch dieses Bandes liegt darin, daß er die historischen Quellen ausgiebig berücksichtigt; so ist bei der Farbenlehre überall und mit Recht auf Newtons Optik zurückgegangen. Der Verfasser rechnet auch Versuche mit Spiegeln, Linsen und Prismen noch zu den Freihandversuchen; denn „das Wesen der Freihand-

versuche beruht nicht darin, daß man auf fertige Geräte unbedingt verzichtet, sondern darin, daß man diese nicht mit Gestellen, Ständern, Führungen u. dgl. fest verbindet". Das Buch wird somit zu einem Hilfsmittel der Demonstrationstechnik im besten Sinne des Wortes, indem diese sich nicht auf fertige Apparate, sondern auf Zusammenstellungen und Anordnungen gründet, die für den bestimmten Zweck jedesmal neu zusammenzustellen sind. Daß es an einer kritischen Untersuchung über die beste Methode der Vorführung in der Mehrzahl der Fälle noch fehlt, hebt der Verfasser selbst hervor und hält zur Lösung dieser Aufgabe eben die Zentralanstalt für unbedingt erforderlich, die der Referent vor einiger Zeit vorgeschlagen hat. Auch von diesem Bande darf gesagt werden, daß er in keiner physikalischen Unterrichtsbibliothek fehlen sollte. *P.*

Naturwissenschaftliche Schülerbibliothek von Bastian Schmid. Nr. 11: Vom Einbaum zum Linienschiff. Streifzüge auf dem Gebiete der Schiffahrt und des Seewesens von Ingenieur Karl Radunz. Für mittlere und reife Schüler. Mit 90 Abbildungen im Text. 194 S. M. 3,—. — Nr. 17: Aus dem Luftmeer. Meteorologische Betrachtungen für mittlere und reife Schüler von Max Sassenfeld. Mit 40 Abbildungen. 183 S. M. 3,—. Leipzig, B. G. Teubner, 1912.

Das Buch von Radunz bietet lehrreiche Darstellungen aus der Geschichte des Seewesens von den ältesten Zeiten an. Darunter befinden sich auch historische Exkurse über die Erfindung des Kompasses, den Sextanten, die Bezeichnung „Knoten" u. dgl. Besonders ausführlich sind behandelt: die Elektrizität im Dienste der Schiffahrt, die Schiffswerften die modernen Linienschiffe. Das Buch wird sicher bei unserer, dem Seewesen eifrig zugewandten Jugend großes Interesse erregen.

Das Buch von Sassenfeld behandelt die meteorologischen Erscheinungen, auf die durch die neuere Flugtechnik die Aufmerksamkeit auch der Jugend stärker als je zuvor hingelenkt ist. Behandelt werden namentlich: die Temperatur der unteren und der oberen Luftschichten, Wolken und Niederschläge, Luftdruck und Luftströmungen, das Wetter, elektrische und optische Erscheinungen in der Atmosphäre. Mehrere schöne Wolkenbilder, von Herrn Prof. Süring in Potsdam zur Verfügung gestellt, gereichem dem Buch zu besonderem Schmuck. *P.*

Vorschläge für den mathematischen, naturwissenschaftlichen und erdkundlichen Unterricht an Lehrerseminaren. Unter Mitwirkung von Fachmännern ausgearbeitet vom Deutschen Ausschuß für den mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht (Schriften des D. Ausschusses, Heft 14). Leipzig, B. G. Teubner, 1912. 49 S.

Die Schrift bringt zunächst wohlerwogene und maßvolle Leitsätze über Charakter und Organisation der Volksschullehrerseminare, die in ihrem gesamten Betriebe den höheren Lehranstalten möglichst angenähert werden sollen, ohne daß jedoch der Charakter der Berufsschule verwischt wird. Aus dieser grundlegenden Festsetzung ergibt sich eine Reihe weiterer Sätze, und es schließen sich sodann Lehrpläne für die im Titel genannten Unterrichtsfächer an. Von den physikalischen Plänen ist zu sagen, daß sie sich den Meraner Plänen anschließen und den Hauptnachdruck auf die praktischen Übungen legen, die für den künftigen Volksschulehrer besonders nötig sind. Die Stoffeinteilung ist so geordnet, wie es die Rücksicht auf den Stand der jeweiligen mathematischen Kenntnisse angemessen erscheinen läßt. Der Unterricht beginnt in der VI. Klasse mit einem propädeutischen Kursus und schließt in der I. (wahlfrei) mit ausgewählten Kapiteln in elementar-mathematischer Behandlung. In den chemischen Plänen wird gleichfalls besonderes Gewicht auf die Übungen gelegt. An Unterrichtsstunden entfallen auf die Physik in den ersten 5 Klassen 10 Stunden, auf die Chemie 6, auf die Mineralogie und Geologie 2 Stunden; von den praktischen Übungsstunden sind 9 Semesterstunden der Physik, 4 der Chemie, 7 der Botanik und Zoologie zugewiesen. Da an einigen Seminaren (Lübeck und Hamburg) schon eine ähnliche Stundenzumessung besteht, so ist die Möglichkeit der Durchführung auch für die andern deutschen Staaten gegeben, in denen zu einem großen Teil noch sehr ungünstige Bedingungen für die Naturwissenschaften bestehen. *P.*

Mathematik und Naturwissenschaften an den deutschen Lehrerbildungsanstalten. Von Prof. Dr. K. Umlauf, Seminardirektor in Hamburg. (Arbeiten des Bundes für Schulreform, Heft 3.) Leipzig, B. G. Teubner, 1912. 124 S. mit 6 Figuren im Text und 4 Tafeln.

Die Schrift stellt die Ergebnisse einer Umfrage zusammen, die bezüglich des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts an eine größere Zahl von Seminaren

gerichtet worden ist. Nur Preußen und Mecklenburg haben die Genehmigung der Umfrage verweigert. Die Antworten lassen erkennen, daß in einzelnen deutschen Staaten sehr viel Erfreuliches auf diesem Gebiet geleistet wird, in der Mehrzahl jedoch noch recht viel zu wünschen übrig bleibt. Die Vorschläge des Verfassers bzw. des ihm zur Seite gestellten Ausschusses decken sich im wesentlichen mit denen des Deutschen Ausschusses. Bei der Physik ist der allgemeine Eindruck besonders ungünstig, die Ausstattung der Lehr- und Sammlungsräume bei der Mehrzahl der Seminare minderwertig, der Etat meist lächerlich gering, die Ausbildung der Fachlehrer oft unzulänglich. Die Mängel liegen überall klar zutage, aber der Widerstände sind zu viele und zu mächtige. In den Forderungen, die für diesen Unterricht erhoben werden, spielt die Einrichtung von verbindlichen Schülerübungen eine hervorragende Rolle. In der Chemie finden erfreulicherweise bereits an 75% der Anstalten solche Übungen statt, in der Regel mit 1 Wochenstunde (so in Bayern, Anhalt, Baden), seltener mit 2 Wochenstunden (Hamburg und Lübeck). Die Wünsche der Fachlehrer beziehen sich hier wie in der Physik auf Einrichtung besonderer Räume für Unterricht und Übungen, Vermehrung der Stundenzahl, festen Jahresetat. Interessant ist eine Reihe von Lehrplänen und von Mitteilungen über neuere deutsche Seminare, die den letzten Teil der Schrift bilden. *P.*

The Teaching of Physics for purposes of general education. By C. RIBORG MANN, associate professor of physics, the University of Chicago. New York, Macmillan company, 1912. 304 S.

Die Frage der Vervollkommnung des Physikunterrichts bewegt seit Jahren auch die Physiklehrer der Vereinigten Staaten. Diese sehen ihre Aufgabe nicht einfach in der Übermittlung des physikalischen Wissens, sondern in der Lösung des Problems, wie von diesem Unterricht die höchste Wirkung in sozialer Hinsicht zu erzielen sei. C. R. MANN ist einer der führenden Geister in dieser Bewegung, er gibt in dem vorliegenden Buche eine Reihe wertvoller Beiträge zur Lösung des Problems, die auch für uns in Deutschland das höchste Interesse bieten. Gefahren einer allzu abstrakten Behandlung der Physik sind trotz aller Richtung auf das Praktische und Experimentelle auch bei uns vorhanden, die immer allgemeinere Benutzung des absoluten Maßsystems trägt dazu bei, diese Schwierigkeiten zu verschärfen. Der Verfasser sieht diesen Schwierigkeiten klar ins Gesicht: Woher kommt es, daß die Lösung einfacher Aufgaben über Kraft, Masse, Beschleunigung den Anfängern so schwer fällt? Sind wir vielleicht mit unseren Anforderungen nicht auf dem richtigen Wege? So geht der Verfasser freimütig an die Kritik des Bestehenden und Traditionellen. Die Erziehung zum induktiven, d. i. zum wissenschaftlichen Denken erfordert andere Wege als die, die durch das System der Physik vorgeschrieben sind. Auch bloße Anhäufung von Tatsachen entspricht nicht dem Wesen des wissenschaftlichen Denkens; dieses Denken beginnt vielmehr da, wo ein Mensch durch die Tatsachen in Verwunderung gesetzt wird, d. h. wo ein Widerspruch gespürt wird zwischen den beobachteten Tatsachen und ihrer bisherigen Deutung. Also sind es Probleme, mit denen die Forschung beginnt, und so muß auch der Unterricht beginnen. Der Verfasser begegnet sich hier mit Auffassungen, die auch bei uns seit einer Reihe von Jahren laut geworden sind (z. B. *d. Zeitschrift XIV, 309*). Über die Art wie er sich die Bearbeitung solcher Probleme denkt, gibt der Verfasser an verschiedenen Stellen des Buches beachtenswerte Fingerzeige. Auch den praktischen Übungen widmet er eingehende Erörterungen, und warnt namentlich vor der Gefahr, daß die Schüler denken, alle sogenannten physikalischen Gesetze seien aus ebenso bequemen und ungenauen Beobachtungen abgeleitet, wie die von ihnen angestellten es der Regel nach sind (S. 56). Alles in allem: ein Buch voll Ernst und Gründlichkeit, vor dem auch der deutsche Physiklehrer Respekt haben wird, und das ihm dazu helfen kann, seinen Unterricht lebendiger und fruchtbarer zu machen. *P.*

Radiumnormalmaße und deren Verwendung bei radioaktiven Messungen. Von E. Rutherford. Deutsch von Dr. B. Finkelstein. Mit 3 Abbildungen im Text, 45 S. Leipzig, 1911. Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H.

Der bekannte Forscher entwickelt die Notwendigkeit einer Radiumeinheit, gibt eine Vergleichung der bisher üblichen Normalmaße und zeigt ihre Veränderung mit der Zeit. Zuletzt werden die auf dem radiologischen Kongreß in Brüssel gemachten Vorschläge für eine Radiumeinheit besprochen. Dem Fachmann, der die Literatur über Radioaktivität kennt, bietet die kleine Schrift nicht viel Neues; dem Fernerstehenden mag sie zur Orientierung dienen. *Schk.*

Chemiker-Kalender 1913. Von R. Biedermann. Ein Hilfsbuch für Chemiker, Physiker, Mineralogen, Industrielle, Pharmazeuten, Hüttenmänner usw. In 2 Bdn., 34. Jahrg., Bd. I 402 S., Bd. II 661 S. Preis für beide Teile zusammen, gebunden in Leinw. M 4,40; in Leder M 5,40.

Auf die enorme Reichhaltigkeit des für den praktischen Gebrauch so zweckmäßig angelegten Werkes muß für jeden, der diese Jahreserscheinung noch nicht aus eigener Anschauung kennen gelernt hat, immer von neuem hingewiesen werden. Wer sich nicht in den Einzelbesitz eines großen Tabellenwerkes setzen kann, dem ist die Anschaffung des außerordentlich preiswerten Chemiker-Kalenders dringend zu empfehlen. *O.*

Grundlinien der anorganischen Chemie. Von W. Ostwald. 3. umgearbeitete Aufl. Mit 131 Fig. Leipzig, W. Engelmann, 1912. 860 S. Geb. M 18,—.

Das in dieser Zeitschr. wiederholt besprochene Buch hat in den ersten Kapiteln insofern eine gewisse Umarbeitung erfahren, als die Begriffe Phase und Stoff auf Grund der Beschreibung der Eigenschaften der drei Formarten noch mehr herausgearbeitet wurden, als dies früher bereits der Fall war. Auch ist ein etwa 18 Seiten umfassendes Kapitel über die radioaktiven Elemente hinzugekommen, das die wesentlichsten Erscheinungen in rühmlicher Klarheit darstellt. Durch die Umarbeitung und die nicht unbeträchtlichen Erweiterungen tritt der eigenartige Charakter des Buches nur noch bestimmter hervor, doch wird ihm besonders hinsichtlich der Einführung in die ersten Grundbegriffe die chemische Mittelschulmethodik vielfach nicht folgen können. *O.*

Geologische Ausflüge in der Mark Brandenburg. Von Kurt Hucke, Oberlehrer. Mit 57 Abb. Leipzig 1911, Quelle & Meyer. 155 S. Geh. M 2,60, geb. M 3,20.

Wenn auch die so voller allgemein bildender Werte steckende Geologie zur Zeit noch ein Stiefkind des naturwissenschaftlichen — einschließlich geographischen — Unterrichts der Oberstufe ist, so sind doch vereinzelte Exkursionen nach besonders instruktiven Punkten immer möglich. Hierfür ist das vorliegende, 17 Exkursionen umfassende Buch ein vorzüglicher und zuverlässiger Führer. Er wird neben den bekannten „Geologischen Ausflügen in die Umgend von Berlin“ von M. Fiebelkorn dazu beitragen, der Geologie zu steigender Anerkennung zu verhelfen. Die zahlreichen schönen Abbildungen, denen zumeist eigene Aufnahmen des Verfassers zugrunde liegen, verdienen noch besonders hervorgehoben zu werden. *O.*

Lehrbuch der chemischen Technologie und Metallurgie. Unter Mitwirkung hervorragender Fachleute herausgegeben von Dr. Bernhard Neumann, Prof. a. d. Techn. Hochschule in Darmstadt. Mit 398 Abbildungen u. 5 Tafeln. Leipzig, S. Hirzel, 1912. 891 S. M 18,—, geb. M 19,20.

Während die bisher erschienenen, die chemische Technologie behandelnden Lehrbücher mittleren Umfanges in der Hauptsache immer von einem einzelnen Autor verfaßt sind, ist hier ein Werk geschaffen, das bei mäßigem Umfange und Preise den großen Werken darin gleichkommt, daß die unter sich ziemlich heterogenen Gebiete von einzelnen Fachleuten, die naturgemäß in ihrem Spezialgebiet besonders bewandert sind, bearbeitet wurden. So sind — um nur einige der 17 Namen zu nennen — von W. Bertelsmann Leuchtgas, Ammoniak, Zyanverbindungen, von Biedermann Explosionsstoffe, von A. Binz Textilstoffe, Farbstoffe, Färberei und Druckerei behandelt. An der Hand zahlreicher, meist vorzüglicher Abbildungen haben die einzelnen Gebiete, von denen noch Kalisalze; Fette, Glyzerin, Kerzen, Seifen; Bier; Zellstoff und Kunstseide; Kautschuk; Schwefelsäure; Erdöl, Asphalt, Erdwachs, Leim; Gerberei; Gärung, Wein, Spiritus, Stärke; Stärkezucker, Dextrin; Sulfat, Salzsäure, Salpetersäure; Rübenzucker; Glas; Mörtel, Tonwaren; Wasser zu nennen sind, eine gediegene, die neuesten Fortschritte berücksichtigende Darstellung erfahren. Für den chemischen Unterricht an den höheren Lehranstalten ist das Werk von großem Werte; zumal für die Zwecke der Exkursionen nach chemisch-technologischen Stätten stellt es eine Fundgrube von Belehrungen und zuverlässigen Daten dar, so daß seine Anschaffung, mindestens für die Anstaltsbibliotheken, warm empfohlen werden kann. *O. Ohmann.*

Theorien der organischen Chemie. Von Dr. F. Henrich, Prof. a. d. Univers. Erlangen. Mit 13 Abb. Braunschweig, Vieweg u. Sohn 1912. XIV u. 401 S. M 10, geb. M 11.

Das Buch ist zugleich die zweite erweiterte Auflage von desselben Verfassers Arbeit „Neuere theoretische Anschauungen

auf dem Gebiete der organischen Chemie", die in dieser Zeitschr. noch nicht besprochen wurde. Das vorliegende Buch beginnt mit einer sehr wertvollen historischen Darstellung der älteren theoretischen Ansichten bis zur Typentheorie, bespricht dann die Hauptphasen der Strukturchemie, besonders die Ansichten von Kekulé, van 't Hoff, v. Baeyer und Bamberger, und behandelt ferner Thieles Hypothese von den Partialvalenzen, die Untersuchungen über die sogenannte negative Natur von Atomgruppen, die neueren Ansichten über den Substitutionsprozeß, inbesondere bei Benzolderivaten, die Einflüsse, welche die Entwicklung der physikalischen Chemie auf die organische Chemie ausgeübt hat, ferner die Pseudosäuren, Pseudobasen und die Ionisationsisomerie. Eine sehr eingehende Behandlung erfährt das Thema „Farbe und chemische Konstitution", die am Schluß auch die Theorie der Indikatoren berücksichtigt, wobei die Ablösung der seinerzeit vielfach in Aufnahme gekommenen Ostwaldschen Ionisierungstheorie durch die von intramolekularen Veränderungen der Indikatoren ausgehenden Ansichten von Stieglitz und Hantzsch näher besprochen wird. Alle weiteren neueren Anschauungen, besonders die von A. Werner, Nef, Michael, Nernst, Abegg, Bodländer, Stark, sind mit großer Klarheit und genauesten Literaturangaben in ihrem wesentlichsten Gehalt wiedergegeben. Das Buch wird diejenigen, die für die Zwecke des Unterrichts in irgendeiner besonderen Frage ihre theoretischen Anschauungen vertiefen wollen, nicht im Stiche lassen und ist daher zur Anschaffung, besonders für die Anstaltsbibliotheken, durchaus zu empfehlen. *O.*

Kurze Anleitung zur Maßanalyse. Mit spezieller Berücksichtigung der Vorschriften des Arzneibuches und des Ergänzungsbuches bearbeitet von Dr. L. Medicus, Prof. an der Universität Würzburg. Mit 7 Abbildungen. 9. u. 10. Aufl. Tübingen, H. Laupp, 1911. 210 S. M 2,40, geb. M 3,20.

Das Buch enthält alle wichtigen gebräuchlichen Methoden und gibt sehr sorgfältig gearbeitete Anweisungen für die einzelnen Bestimmungen. Es wird insbesondere dem Pharmazeuten sehr gute Dienste leisten. Der Anhang, in welchem eine „Bestimmung des Kohlensäuregehaltes der Luft nach Pettenkofer" und eine „Untersuchung von Trink- und Gebrauchswasser" geboten wird, ist auch vom Standpunkte des chemischen Unterrichts der höheren Lehranstalten eine dankenswerte Beigabe. *O.*

Programm-Abhandlungen.

Das Schriftliche im mathematischen und physikalischen Unterricht. Von Prof. H. Rühlmann. Städt. Oberrealschule zu Halle a. S. Ostern 1912. 17 S. Pr. Nr. 374.

Wir beschränken uns in diesem Bericht auf den die Physik betreffenden Teil der Abhandlung. Die Physik bietet, sofern nur die knapp bemessene Zeit es erlaubt, reichlichen Stoff für schriftliche Übungen. Schon auf der Unterstufe können Beschreibungen von Apparaten und Versuchen den Schülern zugemutet werden; man soll aber z. B. nicht in O III das Thema stellen: „Was bedeutet Wärmekapazität", wohl aber „Das Kalorimeter". Auf der Oberstufe tritt die Darstellung des Quantitativen hinzu, sowie die Nötigung, in knappen Worten dem Gesetz den konkreten Fall unterzuordnen. Diese Übungen werden sich meist auf Darstellung und Anwendung des im Unterricht behandelten Stoffes beschränken müssen, während das eigentliche „Können" den mündlichen Übungen vorzubehalten ist. Die Einführung des Schülerpraktikums bietet für die Übungen neuen verlockenden Stoff, beschränkt aber andererseits die dafür verfügbare Zeit in beträchtlichem Grade. Der Verfasser sieht einen Ausweg aus den hier sich ergebenden Schwierigkeiten nur in einer engeren Fassung der Lehraufgabe; das in den Lehrplänen gesteckte Endziel könne durch die eingehende Bearbeitung einer oder nur weniger Gruppen von Naturerscheinungen erreicht werden. Daß auch hier wieder Gefahren für einen befriedigenden Abschluß des Physikunterrichts drohen, wird sich aber nicht in Abrede stellen lassen. *P.*

Fünfzig Jahre elektrische Telephonie. Von Georg Schwarz. Großh. Gymnasium Tauberbischofsheim 1912. 45 S. Pr. Nr. 872.

Im Oktober 1911 waren 50 Jahre verflossen, seit Philipp Reis im Physikalischen Verein zu Frankfurt a. M. das von ihm erfundene Telephon vorführte. Der Verfasser hebt mit Nachdruck hervor, daß selbst in Deutschland das Verdienst des Erfinders nicht gebührend anerkannt sei; die Erfindungen von

Bell und Gray seien nur als Verbesserungen des Telephons von Reis anzusehen. Die Schrift bietet eine durch 16 Abbildungen erläuterte Darstellung der Entwicklungsgeschichte der Telephonie von den ersten Untersuchungen über galvanische Musik durch J. Henry und Page bis zu den neuesten Vervollkommnungen durch die verschiedenen Formen von Mikrophonen. Angeschlossen ist eine sieben Seiten umfassende Übersicht über die mathematische Theorie des Telephons. *P.*

Beobachtungen der neutralen Punkte der atmosphärischen Polarisation. Von J. Plassmann. Kgl. Gymnasium zu Münster, 1912. 44 S. Pr. Nr. 491.

Die Schrift enthält Reihen von Beobachtungen aus den Jahren 1910 und 1911, deren Bearbeitung der Verfasser den Fachmeteorologen überläßt. Zu den Beobachtungen diente ein Polariskop nach Savart in Verbindung mit den von Jensen und Busch angegebenen Pendelquadranten. In einem Anhang berichtet der Verfasser über Nachbilder, die beim Beobachten der neutralen Punkte entstehen und oft noch 10 Minuten nach den Beobachtungen mit großer Deutlichkeit auftreten, so daß sie zu Messungen benutzt werden können. *P.*

Photographische Bestimmung des Diffusionskoeffizienten mittels gekrümmter Lichtstrahlen. Von Johannes Eicke. König-Albert-Gymnasium in Leipzig, Ostern 1912. 16 S. Pr. Nr. 769.

Die Abhandlung bildet einen Teil der Doktordissertation des Verfassers. Die von O. Wiener herrührende Methode knüpft daran an, daß auch ein horizontal auf eine horizontale Grenzfläche zweier Medien von verschiedenem Brechungsvermögen auffallender Strahl nach der Seite des optisch dichteren Mediums hin abgelenkt wird. Man beobachtet die Ablenkung, die ein unter 45° gegen die Oberfläche geneigtes, senkrecht zu einer vertikalen Gefäßwand eintretendes Lichtband beim Durchgang durch eine der Diffusion unterworfene Flüssigkeit erfährt. Der Verfasser hat die zuerst von Heimbrodt erprobte Methode dahin abgeändert, daß nicht die subjektive Beobachtung angewandt, sondern die photographische Platte zur Aufnahme der Diffusionskurven benutzt wird. Die Schrift beschränkt sich darauf, die Anordnung und Ausführung der Versuche genau zu beschreiben. *P.*

Die elektrische Demonstrationsanlage der Lessingschule. Von Prof. Em. Gscheidlen. Realgymnasium mit Realschule (Lessingschule) zu Mannheim, Ostern 1912. 29 S. u. 4 S. Abbildungen. Pr. Nr. 880.

Die Anlage ist an städtischen Drehstrom angeschlossen, der durch einen Umformerapparat in Gleichstrom verwandelt wird; dieser wird durch einen automatischen Regulator auf konstanter Spannung gehalten. Die Regulierung von Stromstärke und Spannung für die Zwecke des Unterrichts geschieht durch Schalttafeln, die eine Maximalgrenze von 65 Volt und 50 Ampere haben. Die Grundsätze für die Durchführung der Anlage waren folgende: 1. Für die Errichtung einer elektrischen Schuldemonstrationsanlage und die Ausnutzung des elektrischen Stromes ist die unterrichtliche Brauchbarkeit und nicht die Erfüllung größtmöglicher Sparsamkeit maßgebend. 2. Die einzelnen Abnahmestellen (Physik, Chemie usw.) müssen vollkommen unabhängig voneinander sein. 3. Die Schalttafel ist in erster Linie ein Hilfsmittel für den Lehrer und erst in zweiter Linie ein Anschauungsmittel für den Schüler. Von der Einrichtung einer größeren Akkumulatorenbatterie ist abgesehen worden, da sich eine solche tatsächlich um so schneller abnutzt, je weniger sie gebraucht wird. Dagegen ist eine besondere kleine Demonstrationsanlage (ca. 800 M) eingerichtet worden, deren Hauptteil ein Einankerumformer für Gleich-, Wechsel- und Drehstrom ist. Die Herstellung der gesamten Anlage war der Firma Siemens Schuckert übergeben. *P.*

Der Crossener Konrektor Carl Gaebel, der Erfinder eines „lenksamen" Luftballons. Von Prof. G. Lüddecke. Realprogymnasium zu Crossen a. O., Ostern 1912. 10 S. Pr. Nr. 130.

Durch einen Zufall wurde der Verfasser auf die Pläne Carl Gaebels gelenkt, der von 1824 bis 1840 als Konrektor wirkte und als ein Verkannter, für geisteskrank Erklärter 1867 in England starb. Sein Plan ist freilich von der Vollkommenheit des heutigen lenkbaren Luftschiffes weit entfernt und in vielen Einzelheiten äußerst anfechtbar. Gaebel gehörte zu den phantasievollen Männern, die eine Erfindung kühnen Geistes vorausahnten, ohne daß Zeit und Umstände dem Ausbau ihrer Pläne günstig waren. Man wird den Gedankengängen des Erfinders, die mehrfach an ähnliche bei Roger Baco erinnern, nicht ohne Rührung folgen. *P.*

Versammlungen und Vereine.

Naturwissenschaftlicher Ferienkursus für Lehrer höherer Schulen

zu Berlin vom 1. bis 12. Oktober 1912.

An dem Kursus, der von Provinzialschulrat G.-R. Dr. Vogel eröffnet wurde, nahmen 47 Herren aus fast allen Provinzen der Monarchie teil. Das Programm umfaßte folgende Veranstaltungen:

I. Vorlesungen, Dr. Regener, über die Fortschritte auf dem Gebiet der Radioaktivität und Elektronik (mit Experimenten), 2 std. — Prof. Dr. Wehnelt, neuere Fortschritte auf dem Gebiete der Gasentladungen (mit Experimenten), 3 std. — Prof. Dr. Tornier, über die fossilen Riesensaurier, 1½ std. — Prof. Dr. Traube, über neuere Synthesen auf dem Gebiete der organischen Chemie (mit Experimenten), 1½ std. — G.-R. Prof. Dr. Penck, der geographische Zyklus (mit Lichtbildern), 1½ std. — Prof. Dr. Benecke, neuere Probleme der Bakteriologie (mit Lichtbildern), 1½ std. — G.-R. Prof. Dr. Liebisch, die geologische Beschaffenheit der Umgegend von Meißen und die Entstehung des Kaolins, 1½ std. —

II. Übungen, je 12 std. Prof. Bohn: Ausgewählte Schulversuche aus Akustik, Optik und Wärmelehre. — Prof. Hahn: Ausgewählte Schülerübungen aus allen Gebieten der Physik. — Prof. Dr. Böttger: Übungen in der Ausführung chemischer und elektrochemischer Unterrichtsversuche. — Prof. Dr. Röseler: Zoologische Übungen mit besonderer Berücksichtigung des für biologische Schülerübungen wichtigen Lehrstoffs. — Prof. Dr. Kolkwitz: Praktische Übungen aus dem Gebiet der Mikroskopie, Entwicklungsgeschichte und Physiologie der Pflanzen. — Prof. Dr. Lampe: Anleitung zum Unterricht in der Erdkunde mit besonderer Berücksichtigung der Übungen im Skizzieren. — Mechaniker Hintze unter Beirat von Prof. Heyne: Praktische Übungen in der mechanischen Werkstatt.

Vorführungen und Besichtigungen. Prof. Dr. Heck: Die wissenschaftliche und allgemein bildende Bedeutung der zoologischen Gärten, insbesondere des Berliner Gartens (mit Lichtbildern). — Dozent Schmehlik: Stenogramme. — Prof. Dr. Philipp: Reisebilder aus Argentinien mit besonderer Berücksichtigung der klimatischen und wirtschaftlichen Verhältnisse (mit Lichtbildern). — Dr. Fischer: Vorführung eines Kinematographen unter besonderer Berücksichtigung der Verwendung des Apparates im Unterricht. — Besichtigt wurde die Mehrzahl der Institute, in denen die Vorlesungen stattfanden, ferner die Werkstätten der „Neuen photographischen Gesellschaft“ und der Zoologische Garten.

Den Beschluß des Kursus bildete ein geologisch-technologischer Ausflug nach Meißen unter Führung des G.-R. Prof. Dr. Liebisch.

---

10. Ferienkursus des physikalischen Vereins zu Frankfurt a. M.

Vom 7. bis 19. Oktober 1912.

Bei der feierlichen Eröffnung hielten Mitglieder des Vereins-Vorstandes und Vertreter der königlichen und städtischen Behörden Ansprachen an die Teilnehmer, die in der stattlichen Zahl von 63 erschienen waren.

Nach den Ansprachen eröffnete Herr Prof. Dr. Lorenz den Reigen der Vorlesungen; er behandelte die Realität der Moleküle, indem er nach einer Einleitung über die Wandlung des Begriffes Materie zu den Kolloiden überging, Molekulardurchmesser, Ionendurchmesser, und die Brown-Zigmondysche Bewegung an der Hand interessanter Versuche besprach. Nach der Vorlesung fand unter Führung der Dozenten ein Rundgang durch die Räume des physikalischen Vereines statt.

Herr Prof. Dr. Wachsmuth sprach über die Energie der Strahlung, den Strahlungsdruck, die Kathodenstrahlen, bei denen die Beziehungen zwischen e/m und v behandelt wurden, die Staub- und Elektronenzählung und das Radium nebst seinen Zerfallprodukten. In einer besonderen Stunde führte derselbe eine Reihe neuer Apparate vor, um die Interferenz des Lichtes und die dynamischen Wirkungen der Luft zu zeigen.

Die atomistische Struktur des elektromagnetischen Feldes hatte Herr Prof. Dr. Déguisne zum Gegenstand seiner Vorlesung gewählt. Er behandelte das magnetische und elektrische Feld, die elektromagnetischen Wellen und die Grundlagen der drahtlosen Telegraphie. Er ging dabei von gewissen Voraussetzungen über die Natur der Elektronen aus und entwickelte unter geringem Aufwand mathematischer Kenntnisse die einschlägigen Gesetze. Der Wunsch, den Herr Direktor Bode im Sinne aller Hörer aussprach, der Vortragende möchte diese Vorlesung drucken lassen, soll erfüllt werden. Wir

machen die Fachgenossen schon jetzt auf diese Veröffentlichung aufmerksam. Bei der elektrischen Resonanz diente der Oszillograph dazu, die Analogie zwischen elektrischen und mechanischen Erscheinungen sinnfällig zu zeigen.

Die Meteorologie wurde durch Herrn Dr. Linke, den Direktor des meteorologisch-geophysikalischen Instituts, vertreten. Er sprach über wetterkundlichen Unterricht auf höheren Schulen, Erdbebenkunde und schließlich über Luftelektrizität und Polarlicht nach der Ionentheorie.

Herr Prof. Epstein gab in seinem Vortrage über Beleuchtungstechnik beherzigenswerte Winke über die Anlage der Beleuchtungskörper. Herr Dr. Mayer behandelte Färberei und Zeugdruck. Manches, was er im ersten Teile seiner Vorlesung vorführte, wie das Verhalten der Wolle und Baumwolle gegen Laugen und Säuren, die Arten der Farbstoffe und ihre Anwendung ließe sich wohl auch im Unterrichte verwerten.

Zwei wissenschaftliche Mitarbeiter der Firma Ernst Leitz in Wetzlar, Herr Dr. Jentsch und Herr Dr. Berek, sprachen der eine über Fortschritte in der Beleuchtung mikroskopischer Objekte, der andere über Hilfsmittel für die Demonstration im polarisierten Licht. Sie hatten gleichzeitig eine reiche Sammlung optischer Apparate ausgestellt, über die sie in liebenswürdiger Weise Auskunft erteilten. Herr Geheimrat Münch aus Darmstadt führte den Kinomatographen im Dienste des mathematischen Unterrichtes vor.

An die Vorlesungen schlossen sich, sie zum Teil ergänzend, Übungen an, die von den Herrn Dozenten und ihren Assistenten geleitet wurden. Es gab ein elektrotechnisches Praktikum, ein radioaktives Praktikum, geophysikalische Übungen, Übungen in Zeit- und Ortsbestimmungen und solche im Bearbeiten des Glases. Nicht alle konnten an den Übungen teilnehmen. Diejenigen, die zu den Auserwählten gehörten, werden mit Freuden daran zurückdenken. Hatten doch alle nur das eine Empfinden, daß die Übungen von zu kurzer Dauer wären. —

Eine angenehme Abwechselung in die ernste Arbeit brachten die Ausflüge. In Niederrad wurde der Eulersche Flugplatz besichtigt; auf dem Frankfurter Flugplatz konnten wir die Victoria-Luise bei ihrem Aufstieg und ihrer Landung und Flieger mit den verschiedensten Arten von Flugzeugen sehn. An einem anderen Tage waren wir in dem alten Städtchen Hanau bei der einzigartigen Platinschmelze von Heraeus zu Gaste und hörten Vorträge über Gewinnung und Verwertung des Platins, sowie über die Herstellung des Quarzglases. Daran schloß sich ein Rundgang durch die Fabrikräume, bei dem die Schmelzöfen großes Interesse erregten. Durch Herrn Dr. Linke wohl vorbereitet stiegen wir eines Nachmittags auf den Feldberg und nahmen das Observatorium mit seiner Erdbebenwarte in Augenschein. Auf dem Rückwege lernten wir unter Herrn Bollers freundlicher Führung eine der Apfelweinschenken kennen, die zu den Wahrzeichen der Frankfurter Lande gehören. An dem Sonntage, der der ersten Arbeitswoche folgte, fand eine Tagespartie nach Wiesbaden und seiner Umgebung statt. In Frankfurt selber besuchten wir unter fachmännischer Führung die Senkenbergersche Sammlung und den Palmengarten, zwei Kleinodien der gastlichen Stadt. Auch zwei Schulen, die Sachsenhäuser und Klinger-Oberrealschule, öffneten ihre Pforten und zeigten uns ihre vortrefflichen Einrichtungen für den naturwissenschaftlichen Unterricht.

Am letzten Freitag des Ferienkursus fuhren wir zur Saalburg, wo Herr Direktor Blümlein uns meisterliche Erläuterungen gab.

Die letzte Besichtigung galt der Fabrik von Hartmann und Braun. Herr Professor Hartmann, der einst mit einem Gehilfen und einem Lehrling den Grundstein zu dem Unternehmen gelegt hatte, das jetzt 260 Beamte und 520 Arbeiter beschäftigt, gab vor der Besichtigung einen Einblick in das weitverzweigte Getriebe der Fabrik. In entgegenkommender Weise hatte auch die alte, schöne und vornehme Stadt ihre Sehenswürdigkeiten und Theater entweder unentgeltlich oder doch zu einem mäßigen Preise zugänglich gemacht.

Zum Schluß noch ein Wort des Dankes für die Leiter des Kursus, Herrn Direktor Bode und Herrn Professor Boller. Nichts war vergessen worden. Da war eine Ausstellung physikalischer Apparate, eine Bibliothek der neusten Fachliteratur, ein Schreib- und Lesezimmer. An alles war — fast möchte ich sagen mit väterlicher Fürsorge — gedacht. Und dazu diese freundliche und herzgewinnende Art!

Herr Direktor Bode, der Begründer der Frankfurter Ferienkurse, hat mit Schluß des zehnten sein Amt niedergelegt. Er hat es seinem Nachfolger leicht gemacht und — doch auch schwer!

Prof. Hasseroth-Züllichau.

Mitteilungen aus Werkstätten.

Neuer Schwungapparat zur Veranschaulichung der Höhenlage von an einem Hebel hängenden Gewichten.

Von G. LORENZ, Werkstatt für Feinmechanik in Chemnitz.

Eine mit Zapfen zum Einsetzen in die Schwungmaschine versehene Gabel trägt an ihren Enden zwei Stahlschrauben als Lager für eine Stahlachse (s. Fig.). In der Achsenmitte ist eine kleine Scheibe befestigt, worin zwei gleich lange Stahlstäbe rechtwinklig zueinander eingeschraubt sind und so einen gleicharmigen, aber in der Mitte gebogenen Hebel bilden. An diese Stäbe werden Kugeln von gleichem Gewicht gesteckt und so lange verschoben, bis das Gleichgewicht hergestellt ist und der als Wagezunge dienende dritte Stab auf die Gabelmitte einspielt. Nachdem die Gewichte (Kugeln) festgeklemmt sind, setzt man die Schwungmaschine in Drehung, wobei die Höhenlage der Kugeln unverändert bleibt. Verschiebt man eine Kugel nach dem Stabende zu, so muß sie sich wegen des größeren statischen Moments senken. Dreht man darauf die Schwungmaschine, so hebt sich diese Kugel durch den längeren Hebelarm, obgleich die Kugelmitten in gleicher Entfernung von der Drehachse sind. Man sieht also, daß die Kugel am längeren Hebel im Ruhezustand sich tiefer als die andere stellt, bei Rotation aber sich höher hebt.

Korrespondenz.

Anläßlich des fünfundzwanzigjährigen Bestehens der Zeitschrift ist dem Herausgeber das nachstehende ehrende Schreiben des preußischen Ministers der geistlichen und Unterrichtsangelegenheiten, Exzellenz Dr. VON TROTT ZU SOLZ, zugegangen.

Berlin W 8, den 30. November 1912.

Am 1. Dezember d. J. vollendet die von Ihnen in Verbindung mit Ernst Mach und Bernhard Schwalbe begründete Zeitschrift für den physikalischen und chemischen Unterricht ihren 25. Jahrgang. Es ist mir ein Bedürfnis, Ihnen zu diesem Tage meinen aufrichtigsten Glückwunsch und meinen Dank auszusprechen für die großen Verdienste, die Sie sich durch die Herausgabe der Zeitschrift während des abgelaufenen Vierteljahrhunderts um die Förderung des naturwissenschaftlichen Unterrichts an den höheren Schulen erworben haben. Wenn der Unterricht in Physik und Chemie heute im Gegensatze zu der früher üblichen deduktiven Behandlung an die in der Natur sich abspielenden Vorgänge anknüpft und die Erkenntnis der Naturgesetze durch sorgfältig erdachte Demonstrationsversuche und planmäßig geordnete Schülerübungen zu vermitteln sucht, wenn ferner danach getrachtet wird, die humanistische Bedeutung des exaktwissenschaftlichen Unterrichts derart zur Geltung zu bringen, daß dieser als Vorbild dafür dienen kann, wie überhaupt im Bereiche der Erfahrungswissenschaften Erkenntnis gewonnen wird, so hat an diesem Fortschritt in Methodik und Technik die von Ihnen herausgegebene Zeitschrift ihren vollen Anteil.

Möge sie auch fernerhin unter Ihrer Leitung den deutschen Bildungsbestrebungen wertvolle Dienste leisten.

gez. TROTT ZU SOLZ.

Zur astronomischen Tafel für 1913.

Von M. Koppe.

Das Folgende ist ein Auszug aus der vollständigen Erklärung, die der Sonderausgabe für 1913[1]) beigegeben ist.

1. Orientierung am Fixsternhimmel. Die vier im Deutschen so genannten Himmelsrichtungen sind Richtungen auf der Erde, definiert durch Vorgänge am Himmel; sie dienen dazu, den Weg eines Wanderers, den Kurs eines Schiffes anzugeben. Wenn einmal ein Himmelskörper sich zeigt wie der Johannesburger

[1]) Die Bahnen der beweglichen Gestirne im Jahre 1913. Verlag von Julius Springer in Berlin. Preis M 0,40; für 10 Exempl. M 3,—; für 20 Exempl. M 5,50 (bei portofreier Zusendung).

Komet 1910, der schnell aus einem Sternbild zum andern fast geradeaus fortschritt, so entsteht das Bedürfnis, auch dessen Bahnrichtung nach absoluten Angaben zu bezeichnen, um die Gegenden, wo er noch nicht oder erst sehr ungünstig sichtbar ist, telegraphisch auf die Art der zu erwartenden Erscheinung vorzubereiten. Die Anwendung der Bezeichnungen „oben, unten, links, rechts" gibt Verwirrung, da sie in Kapstadt anders aufgefaßt werden als in Berlin. Zu diesem Zweck bedient man sich auch am Fixsternhimmel der Benennungen N, S, O, W; man hat sie so aufzufassen, als wäre der Himmel eine stark vergrößerte Darstellung des in einem bestimmten Moment in ihm schwebenden Erdglobus, so daß jeder Stern einem Erdort entspricht, der gerade unter ihm liegt. Betrachtet man einen künstlichen Himmelsglobus von außen, und stellt man oder wälzt man ihn so, daß für einen kleinen Bezirk, den man gerade ins Auge faßt, die Richtung nach N (zum Polarstern) zugleich die Richtung nach oben ist, so liegt links W, rechts O, wie auf der Landkarte. Benutzt man aber eine Sternkarte, wie sie jetzt hergestellt werden, die dem wirklichen Anblick des Himmels von innen entspricht, so ist, wenn der nördliche Rand oben liegt, links O, rechts W[1]).

2. Planeten. (Karten III bis VI, VIII.) Merkur ist Mitte März mit bloßem Auge als Abendstern zu sehen. Venus erreicht am 23. März als Abendstern, am 25. Mai als Morgenstern den größten Glanz.

Die kleinen Planeten Ceres (am 13. Mai in der Opposition 7. Größe, nahe bei γ-Wage) und Vesta (3. August 6. Größe, zwischen ζ- und ψ-Steinbock) können mittels des Nautical Almanac für 1913 in einem Sternatlas (Messer, Proctor, Schur) aufgesucht und dann einige Abende hindurch am Fixsternhimmel mittels eines Feldstechers als Wandelgestirne erkannt werden.

3. Mond. (Karte VII.) Die Karte VII stellt zunächst den Lauf eines erdichteten mittleren Mondes dar, der, ohne sich weit von dem wahren zu entfernen, immer auf der Ekliptik bleibt und jeden Tag um denselben Bogen fortschreitet. Er legt den ganzen Weg in $27\frac{1}{3}$ Tagereisen von je $13^\circ 10'$ zurück, die in der Karte durch Zahlen 0, 1, 2 . . . 27 abgegrenzt sind. Um für eine beliebige Zeit, z. B. *Dezember 26. 6^h nachmittags*, den Ort des mittleren Mondes bequem zu finden, ist für jeden Monat eine besondere Epoche (Ruhepunkt, Start) festgesetzt und mit einer römischen Zahl bezeichnet, für Dezember mit XII. Diese Zahl bezeichnet den Punkt, wo der mittlere Mond bei Beginn des 30. November (oder Dezember 0) nach bürgerlicher Rechnung steht. Er ist dann vom Frühlingspunkt 20,22 Tagereisen entfernt, steht also am 1. Dezember 0^h und 2. Dezember 0^h bei 21,22 und 22,22 der nach Tagereisen geteilten Skala der Ekliptik.

Wir bezeichnen die Zeit nach der Art der Italiener, der belgischen und französischen Fahrpläne so, daß der bürgerliche Tag, von Mitternacht bis Mitternacht, in 24 Teile zerlegt wird, deren Anfangspunkte der Reihe nach $0^h, 1^h \ldots 23^h$ heißen. Mittag wird also mit 12^h bezeichnet. Auch in Rußland werden seit 1909 die Abgangszeiten der Auslands-Telegramme nach der bürgerlichen 24-stündigen Uhr angegeben. John Herschel empfahl sie auch den Astronomen. Das Deutsche Reich hat sie noch nicht angenommen[2]).

Der obige Zeitpunkt ist also Dez. $26^d\ 18^h$ = Dez. $26{,}75^d$. Der Ort des mittleren Mondes fällt auf $XII + 26{,}75^d = 20{,}22 + 26{,}75 = 47{,}0$ Tagereisen, oder, wenn man einen vollen Umlauf = 27,3 wegläßt, auf 19,7 Tagereisen = 259° Länge.

In der Karte VII ist die Mondbahn für die Mitte des Jahres gezeichnet; sie schneidet die Ekliptik im aufsteigenden und absteigenden Knoten ☊ und ☋; zugleich ist durch $☊_0$ der aufsteigende Knoten zu Anfang, durch $☊_1$ zu Ende des Jahres angegeben; dadurch ist auch die Lage der Mondbahn bestimmt, die von dem Knoten unverändert mitgenommen wird. Für Zwischenzeiten kann ihre Lage leicht geschätzt werden. Bei 259° Länge hat die Mondbahn die Breite -5°.

Der Mond durchläuft seine Bahn nicht mit gleichmäßiger Geschwindigkeit; die Tagereisen am Perigäum (π) sind größer, die am Apogäum (α) kleiner als der mittlere Wert.

[1]) Durchsichtige gläserne Himmelsgloben sollten so bemalt werden, daß die Namen von der Innenseite des Globus her oder durch die Gegenwand hindurch lesbar sind, die Sterne ihren Goldglanz nach innen senden, nach außen stumpf und unscheinbar sind. Leider ist im Münchener Deutschen Museum ein derartiger Glasglobus von kolossalen Dimensionen wie ein Papier- oder Marmorglobus behandelt.

[2]) Nach der Erklärung eines Ministers im Preußischen Herrenhause ist der Widerstand der preußischen Fahrplantechniker gegen die Reform unüberwindlich.

Trifft daher der mittlere Mond mit dem wahren im Perigäum π zusammen, so ist der wahre Mond bis zum Apogäum dem mittleren etwas vorauf, von da ab bleibt er gegen ihn zurück. Wieviel man zur Länge des mittleren Mondes hinzulegen muß, um die des wahren zu erhalten, wird durch die Mittelpunkts-Gleichung angegeben, die durch die positiven und negativen Ordinaten einer Kurve $\pi\,\alpha$ dargestellt ist für die Mitte des Jahres. Für den Anfang ist sie nach π_0, für das Ende nach π_1 zu verschieben. Bei 259° Länge ist die zugehörige Ordinate = 6°. Daher ist die wahre Länge des Mondes = 259° + 6° = 265°, die Breite = — 5°. Er steht bei X im Schützen.

4. Finsternisse und Planeten-Bedeckungen. (Karte IX.) Einfach und genau ergibt sich die Zeit der Finsternis und das scheinbar verwickelte Gesetz der Wiederkehr nach J. H. Lambert aus dem Kalender IX. Der Punkt, dessen Abszisse = 12 mm ist, bedeutet den Anfang des 12. Januar. Die Zeitpunkte der Mondphasen sind mit kleinen Kreisen umgeben, für Neumond schwach, für Vollmond stark ausgezogen. Der Durchgang der Sonne durch die Knoten der Mondbahn ist durch zwei große konzentrische Kreise hervorgehoben, einen schwachen und einen starken. Liegt ein kleiner schwacher Kreis ganz oder zum Teil in einem großen schwachen Kreis, so findet entsprechend eine totale oder partielle Sonnenfinsternis im Augenblicke des Neumondes statt. Ebenso geben die starken Kreise durch Ineinanderliegen oder Schneiden die Bedingung für eine totale bzw. partielle Mondfinsternis bei Vollmond an.

Während im vorigen Jahre die fast totale Sonnenfinsternis vom 17. April in unseren Gegenden mittags ein prachtvolles Schauspiel bot, bleiben diesmal alle Finsternisse für uns unsichtbar. Es finden statt: Sonnenfinsternisse (alle partiell): April 6, August 31, September 30; Mondfinsternisse: März 22 partiell, September 15 total.

Dagegen werden ziemlich viel Fixsterne vom Monde bedeckt, da seine Bahn jetzt wieder, wie vor 19 Jahren, die besonders günstige Lage hat, in der sie die Plejaden schneidet. So werden die Plejaden, γ-Krebs, Spica, π-Skorpion, ι-Wassermann mehrfach bedeckt, einmal auch (2. Mai, 7h) der Planet Mars.

5. Räumliche Bahn. Es ist empfehlenswert, die geozentrische Bahn eines Planeten angenähert zu konstruieren, indem man die als Kreise anzunehmenden heliozentrischen räumlichen Bahnen nach Tagen einteilt und dann die Fahrstrahlen, die von der Erde zu dem Planeten führen, nach Größe und Richtung an einen festen Punkt überträgt. Die folgende Tabelle liefert für eine bequeme Epoche die notwendigen Konstanten.

	Mittlere Länge 1913 Jan. 0. 0h	Mögliche Abweichung d. mittleren v. d. wahren Länge	Änderung der mittleren Länge in 365d (U. = Umlauf)	Radius der Bahn
Merkur ☿	166,56°	23°	4 U. 53,72°	0,39
Venus ♀	29,01°	1°	1 U. 224,79°	0,72
Erde ♁	99,01°	2°	359,76°	1,00
Mars ♂	261,74°	11°	191,29°	1,52
Jupiter ♃	272,70°	6°	30,35°	5,20
Saturn ♄	65,61°	6°	12,23°	9,54
Uranus ♅	300,00°	5°	4,30°	19,2
Neptun ♆	113,59°	1°	2,20°	30,1

Die Epoche „Jan. 0" bedeutet den Anfang des Tages, welcher dem Tage „Jan. 1" voraufgeht, also „31. Dez. 0h, Mitternacht". Dies wird bei konsequenter Durchführung der italienischen Stundenbezeichnung notwendig.

Die Fixsterne in Karte I scheinen in den bisherigen Ausgaben (seit 1891) unverändert. Sie werden aber tatsächlich Jahr für Jahr etwa um 1′ im Sinne wachsender Länge vorgeschoben, was bisher unmerklich ist. Im Jahre 1972 wird jeder Fixstern von seiner Position 1900 um 1° nach links gerückt sein. Die obigen Örter gelten für das unsichtbare, gegen die Fixsterne langsam bewegliche Netz.

6. Mondort. Den Mondort kann man fast auf einen Grad genau berechnen, wenn man die Zeiträume kennt, in welchen der Mond zum Frühlingspunkt, zum aufsteigenden Knoten, zum Perigäum zurückkehrt (tropischer Monat M_1, Drachenmonat M_2, anomalistischer Monat M_3), und je eine Epoche, d. h. einen Zeitpunkt, wann der Mond in einem dieser drei Punkte stand.

	Dauer	Epoche: 1912 Dez.
Trop. Monat M_1	27,322d	17,0d
Drachenm. M_2	27,212d	17,6d
Anom. M. M_3	27,555d	27,9d

Es sei zu bestimmen der Mondort für 1913 Dez. 26d 18h = Dez. 26,75d.

Man berechne die seit den Epochen vergangenen Zeiten erst in Tagen, dann in Monaten der zugehörigen Art:

$$T_1 = 374{,}75^d = 13{,}716\ M_1$$
$$T_2 = 374{,}15^d = 13{,}749\ M_2$$
$$T_3 = 363{,}85^d = 13{,}204\ M_3$$

Die entsprechenden durchlaufenen Bogen sind, von vollen Umläufen abgesehen,

$$\psi_1 = 0{,}716\ U. = 258^0$$
$$\psi_2 = 0{,}749\ U. = 270^0$$
$$\psi_3 = 0{,}204\ U. = 73^0$$

Dann ist die mittlere Länge des Mondes $= \psi_1 = 258^0$, die Breite $= 5^0 \sin \psi_2 = -5^0$, die Mittelpunkts-Gleichung $= 6{,}3^0 \sin \psi_3 = 6^0$. Folglich ist die wahre Länge $= 264^0$, die Breite $= -5^0$. Der Mond steht nahe bei X im Schützen.

Himmelserscheinungen im Februar und März 1913.

☿ Merkur, ♀ Venus, ⊙ Sonne, ♂ Mars, ♃ Jupiter, ♄ Saturn, ☾ Mond, 0^h = Mitternacht.

		Februar						März					
		1	6	11	16	21	26	3	8	13	18	23	28
☿	AR	$20^h 27^m$	21. 2	21.36	22.11	22.46	23.20	23.51	0.17	0.34	0.39	0.33	0.20
	D	-21^0	-19^0	-16^0	-13^0	-9^0	-5^0	-1^0	$+3^0$	$+6^0$	$+8^0$	$+7^0$	$+5^0$
♀	AR	$23^h 54^m$	0.13	0.31	0.48	1. 5	1.21	1.37	1.51	2. 4	2.14	2.23	2.29
	D	0^0	+ 2	+ 5	+ 7	+ 9	+ 12	+ 14	+ 16	+ 18	+ 19	+ 20	+ 21
⊙	AR	$20^h 58^m$	21.18	21.38	21.58	22.17	22.36	22.55	23.13	23.32	23.50	0. 8	0.27
	D	$-17{,}2^0$	$-15{,}7^0$	$-14{,}1^0$	$-12{,}4^0$	$-10{,}7^0$	$-8{,}8^0$	$-6{,}9^0$	$-5{,}0^0$	$-3{,}0^0$	$-1{,}1^0$	$+1{,}0^0$	$+2{,}9^0$
♂	AR	$19^h 12^m$	19.28	19.44	20. 0	20.17	20.32	20.48	21. 4	21.19	21.35	21.50	22. 5
	D	-23^0	− 23	− 22	− 21	− 21	− 20	− 19	− 18	− 17	− 16	− 14	− 13
♃	AR		18.33		18.41		18.49		18.56		19. 2		19. 8
	D		− 23		− 23		− 23		− 23		− 23		− 22
♄	AR	$3^h 41^m$						3.46					
	D	$+18^0$						+ 18					
⊙	Aufg.	$7^h 45^m$	7.37	7.27	7.18	7. 7	6.57	6.46	6.34	6.23	6.11	5.59	5.47
	Unterg.	$16^h 43^m$	16.52	17. 2	17.12	17.21	17.30	17.40	17.49	17.58	18. 7	18.16	18.24
☾	Aufg.	$5^h 7^m$	8.13	9. 1	10.49	18. 5	0. 8	5.38	6.53	7.46	12.14	20. 4	1.53
	Unterg.	$11^h 27^m$	16.59	23. 1	4.19	7.30	8.34	12.16	18.25	—	4.49	6.11	8. 2
Sternzeit im mittl. Mittg.		$20^h 44^m 12^s$	21. 3.54	21.23.37	21.43.20	22. 3. 3	22.22.46	22.42.28	23. 2.11	23.21.54	23.41.37	0. 1.19	0.21. 2
Zeitgl.		$+13^m 43^s$	+ 14.15	+ 14.26	+ 14.18	+ 13.51	+ 13. 9	+ 12.12	+ 11. 4	+ 9.46	+ 8.20	+ 6.50	+ 5.18

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.

Die Aufgangs- und Untergangszeiten für Sonne und Mond sind mittlere Ortszeiten und gelten für den Parallel von Berlin.

Frühlingsanfang am 21. März, $6^h 18^m$ M.E.Z.

Mondphasen in M.E.Z.	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
	Febr. 6, $6^h 22^m$	Febr. 14, $9^h 34^m$	Febr. 21, $3^h 4^m$	Febr. 27, $22^h 16^m$
	März 8, $1^h 23^m$	März 15, $21^h 58^m$	März 22, $12^h 56^m$	März 29, $13^h 58^m$

Planetensichtbarkeit	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn
im Februar	gegen Ende des Monats ¼ Stunde abends im SW sichtbar	4 Stunden lang als Abendstern sichtbar	unsichtbar	morgens ¾ bis ⁵⁄₄ Stunden lang sichtbar	abends 8¾ bis 6½ Stunden lang sichtbar
im März	die Sichtbarkeitsdauer wächst zunächst bis auf ¾ Stunden an. Gegen Ende des Monats wieder unsichtbar	zuletzt nur noch 3 Stunden lang abends sichtbar. Größter Glanz am 19.	unsichtbar	gegen Ende des Monats 1¾ Stunden lang sichtbar	die Sichtbarkeitsdauer sinkt bis auf 3½ Stunden

Eine in Deutschland **unsichtbare, totale Mondfinsternis** ereignet sich um die Mittagsstunde des 22. März.

F. Koerber.

Verlag von Julius Springer in Berlin W. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Fuhrmann

Zwillinge

Stie

Kleiner Hund

Orion

Äquator

i VII ← Juni VI

r Venus
Sonne
32 Tage)

Glanz

Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XXVI. Jahrgang. Zweites Heft. März 1913.

Ein Kapillarmanometer für Schülerübungen und Demonstrationsversuche.

Von
Dr. **A. Wendler** in Erlangen.

Die Firma Gustav Müller, Glasinstrumentenfabrik in Ilmenau i. Th., fertigt nach meinen Angaben einen einfachen Apparat, der sich sowohl für sich allein als auch in Verbindung mit leicht zu beschaffenden Zusatzteilen in mannigfacher Weise verwenden läßt. Der Apparat ist in erster Linie für das Praktikum (bei Gruppenübungen) konstruiert worden, dürfte sich aber auch im Demonstrationsunterricht mehrfach verwenden lassen.

Fig. 1 stellt den Hauptapparat vor, bestehend aus einer zirka 12 cm langen Kapsel K von 3 cm Durchmesser mit einer etwa 85 cm langen Meßröhre R, deren innerer Durchmesser 1,5—2 mm beträgt. Die zum Teil (von 0 bis 60 mm) graduierte Kapsel hat oben ein Ansatzrohr T_1 mit einem gewöhnlichen Hahn H_1 von weiter Bohrung, links oben ein Knierohr T_3 mit dem ebenfalls weiten Hahn H_2 und ist mit der Meßröhre R durch einen Dreiweghahn H_3 verbunden. Die Millimeterteilung auf R beginnt in gleicher Höhe wie die der Kapsel. Der obere Abschluß der Meßröhre besteht in einem Hahn H_4 und der trichterartigen Erweiterung T_2 von etwa 3,5 cm Länge. Diese enthält einen genügend langen exakten Schliff, so daß das Ende a des Volumengefäßes U (Fig. 2) mit guter Führung eingesteckt werden kann. An T_3, wenn nötig, auch an T_1, können bei c und d die Gefäße G_1 (Fig. 3) und G_2 (Fig. 4) mittels eines Schlauchstückes angeschaltet werden.

Fig. 1..5.

Nachfolgend sollen nun einige der hauptsächlichsten Verwendungsmöglichkeiten aufgeführt werden. Dabei schreibe ich fortan zur Abkürzung $H(x, y)$, wenn zum Ausdruck kommen soll, daß ein Hahn H die beiden Apparatteile x und y verbindet. Mit dem Dreiweghahn H_3 sind also die Stellungen $H_3(K, R)$, $H_3(K, L)$, $H_3(R, L)$ möglich, wenn L immer Außenluft bedeutet.

Die Kalibrierung der Röhre R erfolgt in bekannter Weise, nachdem man einen Quecksilberfaden von schicklicher Länge eingebracht hat. Man saugt z. B.

während der Hahnstellung H_3 (K, L) bei T_1 an, so daß durch r hindurch etwas Quecksilber aufsteigt. Durch die 3 Hahnstellungen von H_3 und entsprechendem Neigen läßt sich nach Herausschaffung des überschüssigen Quecksilbers der Faden nach R hinübertreiben. Ist nun der Querschnitt q von R bekannt, so kann man auch das Volumen der Kapsel zwischen H_1, H_2 und der Nullmarke von R finden. Man füllt den Apparat mit Quecksilber, das dabei in R die Marke m erreicht, läßt bei H_3 (R, L) das Quecksilber bis zu 0 herab auslaufen und findet dann das gewünschte Volumen aus dem Gewicht des jetzt noch vorhandenen Quecksilbers, das durch den Hahn H_3 ebenfalls abgelassen werden kann.

Versuche.

1. Nachweis des Boyleschen Gesetzes. Man bringt den Quecksilberfaden etwa in die Mitte von R und verfährt nach Abdichtung des Hahnes H_4 in bekannter Weise wie mit den Meldeschen Röhren. Die Probe kann gemacht werden mit b, $b \pm l$[1]), $b \pm l \,.\, \sin \alpha$, wobei auch noch die Länge l des Fadens leicht verändert werden kann. (Bei diesem wie allen folgenden Versuchen ist natürlich vorausgesetzt, daß Röhre und Quecksilber vollständig rein und trocken sind.)

2. Volumenometer. Alle in Betracht kommenden Schliffe sind leicht eingefettet. Bei H_3 (K, R), H_4 (R, L), H_5 (U, L) wird in der horizontalgelegten Röhre der Faden mit dem oberen Ende etwa auf Marke 70 gebracht. Schließt man nun H_5 und richtet die Röhre auf, so erweitert sich das Luftvolumen von V auf $V + hq$, während (konstante Temperatur vorausgesetzt) der Druck von b auf $b - l$ sinkt. Nach dem Mariotteschen Gesetz ist dann (1) $\frac{bq}{l} = \frac{V + hq}{h}$. Bringt man in das Gefäß U einen Körper mit bekanntem Volumen v (z. B. 1 oder 2 Kubikzentimeterwürfel), so findet man analog (2) $\frac{bq}{l} = \frac{V - v + h'q}{h'}$. Aus (1) und (2) folgt (3) $\frac{v}{V} = \frac{h - h'}{h}$. Man kann also (ohne daß man b, q und l zu kennen braucht) das Volumeter leicht eichen, und nachdem V ein für allemal bestimmt ist, (immer bis zur gleichen Marke, z. B. 70 gerechnet), ein unbekanntes Volumen x aus (4) $\frac{x}{V} = \frac{h - h''}{h}$ finden[2]).

3. Effusiometer. Der Quecksilberfaden hat etwa 5 cm Länge. Über T_2 ist ein mit einer sehr feinen Bohrung versehenes Platinblech luftdicht aufgeklebt, so daß im wesentlichen die das Bunsensche Effusiometer ersetzende Anordnung von Rußner (20. Jhrg. 1907, S. 382) entsteht. Man kehrt nun die Röhre um und notiert mit der Sekundenstoppuhr die Zeit, die der Faden etwa von Marke 10 bis Marke 70 braucht. Hat man nun den Faden unterhalb der Kapsel links hinter H_3 gebracht, so daß er bei Stellung H_3 (R, L) am Hahn ansteht, so kann man durch H_3 hindurch längere Zeit Leuchtgas usw. in die Röhre einströmen lassen. Stellt man dann den Hahn wieder in H_3 (K, R) um, so kann man wie oben den Faden wieder von 10 bis 70 laufen lassen. Es ist dann in bekannter Weise $d_1 : d_2 = t_2^2 : t_1^2$. Wie man die Röhre zu stellen hat, wenn man mit Kohlensäure arbeitet, ist klar.

4. Kapillarität. Das Gesetz der kommunizierenden Röhren unter dem Einfluß der Kapillarität kann unmittelbar zur Darstellung gebracht und die Kapillaritäts-

---

[1]) Bei den Stellungen für $p = b$, $p_1 = b + l$ und $p_2 = b - l$ besteht die Gleichung

$$\frac{1}{v_0} = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{v_1} + \frac{1}{v_2}\right)$$

bzw.

$$\frac{1}{h_0} = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{h_1} + \frac{1}{h_2}\right),$$

wo h_0, h_1 und h_2 die Längen der eingeschlossenen Luftsäulen sind.

[2]) Das früher in dieser Zeitschrift von mir beschriebene, bei Leybold in Cöln gefertigte Umkehrvolumeter wird in Zukunft auch den Voraussetzungen dieses zweiten Versuches angepaßt werden.

konstante a in bekannter Weise ermittelt werden. Die Depression bzw. Attraktion kann man im Mittel aus mehreren Messungen bestimmen, wenn man mittels der Millimeterteilung auf K und dem Ablaßhahn H_3 fortlaufend die Einstellungen wechselt. Wie diese durch die Kapillarität hervorgerufene Niveaudifferenz, z. B. bei manometrischen Messungen, zu berücksichtigen ist, braucht nicht weiter besprochen zu werden.

Ebenso ist an sich klar, wie der Apparat als offenes bzw. unter Benutzung von Hahn H_4 als geschlossenes Manometer zu benutzen ist.

Über Kapillaritätserscheinungen lassen sich etwa noch folgende 2 Versuche ausführen: A) Nachweis der Spannung in Seifenblasen: Nachdem man bei T_3 ein Glasrohr mit tonpfeifenartiger Erweiterung angesetzt hat, verfährt man in bekannter Weise (s. Looser, Versuche aus der Wärmelehre, Versuch Nr. 157). — B) Messung der Adhäsion bei Kapillaren. Man setzt bei T_3 mittels Schlauchstückes ein Kapillarrohr an, das man vorübergehend in Wasser taucht. Durch Einblasen bei T_1 oder nach Abschluß von H_1 durch Erwärmen der Kapsel K mit der Hand kann man das Manometer ausschlagen lassen, bis der Wasserfaden herausgedrängt wird. (Looser Nr. 155.)

5. Zunahme des Wasserdruckes mit der Tiefe. Die Sondierung wird mit einem entsprechend langen, an T_3 angesetztem Rohr vorgenommen. Dabei ist nur H_1 geschlossen. Hier wie bei 6, 8, 9, 10, 11 ist der Apparat $K—R$ mit einer passenden Manometerflüssigkeit gefüllt.

6. Pitotsche Röhre. Biegt man das in 5 angesetzte Rohr rechtwinklig um, so kann man in analoger Weise den Stauungsdruck fließenden Wassers bestimmen.

7. Messung des Wasserleitungsdruckes. Nach Schließung von H_2 wird K ganz mit Wasser gefüllt, so daß es durch H_3 hindurch nach R und durch H_1 hindurch nach T_1 übertritt, dieses Ansatzrohr füllend. Den Wasserleitungsschlauch steckt man erst auf, nachdem sich dieser bei vorübergehender Öffnung des Leitungshahnes ganz mit Wasser gefüllt hat. Nun schließt man H_4 ab und öffnet den Leitungshahn. Mit Rücksicht auf die Sicherheit des Apparates wird man sich mit mäßigem Druck begnügen.

8. Gasdiffusion. Die Verschiedenheit der Gasdiffusion läßt sich in bekannter Weise mit einem verschlossenen Tonzylinder zeigen, den man bei T_1 oder T_3 anstecken kann, je nachdem man Gase leichter oder schwerer als Luft benutzt.

9. Messung des spezifischen Gewichtes von Flüssigkeiten. K ist etwa bis zur Hälfte mit Wasser gefüllt, das Gefäß G_1 (Fig. 3) bei c an T_3 angesteckt, nachdem es mit der zu untersuchenden Flüssigkeit gefüllt und durch einen luftdicht schließenden, ein Steigrohr mit Millimeterteilung tragenden Gummistopfen abgeschlossen ist. Man treibt durch Einblasen bei T_1 die Flüssigkeiten wiederholt in die Röhren, damit gute Benetzung eintritt, liest den Anfangsstand a_0 und b_0 und nach Einblasen und Absperren von H_1 die Marken a_1 und b_1 ab, dann ist offenbar $\sigma = \frac{a_1 - a_0}{b_1 - b_0}$.

10. Nachweis der Wärmeschichten. Ein Einmacheglas wird mit Wasser von Zimmertemperatur gefüllt und bis zur halben Höhe ein Stück Eis mittels umgekehrten Trichterrohrs eingedrückt Ist die Schichtung erfolgt, so schließt man an T_3 mittels längeren Schlauches ein Glasrohr an, das sich unten zu einer Glaskugel erweitert. Mit dieser prüft man die Schichtung, indem man damit langsam im Wasser auf- und niedergeht. (Looser Nr. 3 usw.)

11. Thermoskop. Ein Galileisches Thermoskop erhält man offenbar, wenn man bei offenem H_4 das Ende bei T_2 in Flüssigkeit taucht, während bei H_3 (R, L) die Hähne H_1 und H_2 geschlossen sind.

12. Der Apparat als Barometer. Bei geschlossenem H_2, offenem H_1 und $H_3(K, L)$ füllt man, bei T_1 ansaugend, die Kapsel fast bis oben an mit Quecksilber, das unten bei r eintritt. Bei H_3 (K, R) neigt man jetzt den Apparat mit R voraus mehr

und mehr, bis das Quecksilber die Röhre R ganz ausfüllt und schließlich durch das offene H_4 hindurch nach T_2 übertritt. In diesem Augenblick schließt man H_4 und stellt den Apparat wieder aufrecht. Bei der Stellung H_3 (K, L) kann man nun das Niveau in der Kapsel so tief sinken lassen, daß nach Umstellung in H_3 (K, R) das Quecksilber in R sinken kann, hinter sich das Torricellische Vakuum lassend. Die Niveaudifferenz unter Berücksichtigung der Kapillarität gibt den Barometerstand. Will man den Versuch nicht nur roh ausführen, sondern ein wirklich brauchbares Barometer herstellen, so muß man bei vollständig reinen und trocknen Röhren natürlich mit chemisch reinem, trocknem und luftfreiem Quecksilber arbeiten und für gute Abdichtung bei H_4 sorgen. Sollte infolge der Adhäsion das Quecksilber trotz sonst richtiger Behandlung oben hängen bleiben, dann hat man die Röhre durch einige Stöße zu erschüttern. („Einhaken" des Quecksilbers.) Um das die Kapsel und einen Teil von R füllende Quecksilber luftfrei zu machen, stellt man H_3 auf 45°, so daß K und R von einander und von der äußeren Luft abgeschlossen sind. Durch Anwärmen der Kapsel unter gleichseitigem Ansaugen bei T_1 mit der Wasserluftpumpe kann man das Quecksilber in K und durch ein analoges Verfahren das in R möglichst luftfrei machen.

13. Nachweis des Gay-Lussacschen Gesetzes. a) In die horizontal gelegte Röhre R ist ein ca. 3 cm langer Quecksilberfaden eingebracht; H_1 und H_2 sind geschlossen, im übrigen haben die Hähne die Stellungen H_3 (K, L) und H_4 (R, L). Die Kapsel K wird nun horizontal in das Wasserbad von 0° gelegt, so tief, daß die Mündung r von H_3 etwa noch zugänglich ist. Man saugt nun aus K bei r unter Vorschaltung einer Chlorkalziumröhre die Luft heraus und erhält so beim Wiedereinströmen der Luft eine trockene Füllung. Hat diese nach längerer Zeit die Temperatur des Bades angenommen, so stellt man H_3 (K, R) her, nimmt die Chlorkalziumröhre weg und senkt die Röhre so tief als möglich ins Wasser. Anfangstemperatur 0 und Anfangsstellung des Fadens a_0. Nach Erwärmung: Endtemperatur t und Endstellung a des Fadens. Aus $V_2 = V_1 . (1 + \gamma t)$ folgt wegen $V_1 = V_0 + q\, a_0$, $V_2 = V_0 + q\, a$: $\gamma t = \frac{a - a_0}{k + a_0}$. Dabei ist $k = \frac{V_0}{q}$ eine Apparatkonstante, die aus den früheren Kalibrierungen abgeleitet werden kann. Will man die Glasausdehnung mit berücksichtigen, so hat man bekanntlich in erster Annäherung γ durch $\gamma - 3\,\alpha$ zu ersetzen, wo α der lineare Ausdehnungskoeffizient des Glases ist.

b) Den Apparat kann man benutzen, um den Ausdehnungskoeffizienten der Gase nach der von Régnault angegebenen Manometermethode zu bestimmen. (Müller-Pouillet) (10. Aufl. Bd. III. S. 95.) Der dort angegebene Dreiweghahn (R) wird hier von H_3 vertreten. Weiter entsprechen sich Marke n und unterer Rand von H_1; Ansatzrohr a und Ansatz T_1; für die Temperatur τ des Wasserbades kann man die Temperatur des Brunnenwassers nehmen, das man über die Kapsel K laufen läßt; das gleiche Niveau ist hier unter Berücksichtigung der Kapillardepression zu verstehen. Trotz der Enge der Meßröhre R ist nach der Ausdehnung der Luft in K ein Austritt des Quecksilbers aus T_2 nicht zu befürchten, da ja die Methode verlangt, daß durch wiederholte Einstellung von H_3 (R, L) das Quecksilber immer dem Stand in K entsprechend gehalten wird. Die Wasserluftpumpe mit dem vorgeschalteten Chlorkalziumrohr ist bei T_1 angesetzt. Statt H_1 ist jetzt ein Dreiweghahn H_1' einzusetzen, der wie H_3 ein Auslaufröhrchen r hat. An dieses ist die im Régnaultschen Apparat benutzte Kapillare mit dem angeblasenen Kugelvolumen anzuschalten.

14. Gesetz von Mariotte-Gay-Lussac. Man verfährt genau wie in 13, wobei jetzt aber bei Beginn der ersten Ablesung der Hahn H_4 geschlossen wird; außerdem ist bei T_3 das Gefäß G_2 (Fig. 4) angesteckt und H_2 in der Stellung H_2 (K, G_2). Man hat nun:

	Anfangsvolumen	Anfangsdruck	Endvolumen	Enddruck
Links vom Sperrfaden . . .	V_1	b	$V_1 + hq$	p
Rechts vom Sperrfaden . .	Hq	b	$(H-h) \cdot q$	p

Dabei ist h die nach rechts erzielte Verschiebung. Aus den Gleichungen

$$p \cdot (V_1 + hq) = V_1 \cdot b \cdot (1 + \gamma' t)$$

und

$$H b = (H-h) \cdot p$$

folgt nach Eliminations von p

$$\gamma' t = \frac{h}{H-h},$$

wenn man bei den obwaltenden Größenverhältnissen Hq gegen V_1 vernachlässigt.

15. Luftthermometer. Füllt man die Kapsel zu ein Viertel mit Quecksilber und schließt an T_3 das Gefäß G_2 an, so kann man nach Abschluß der Hähne H_1 und H_2 den Apparat in guter Annäherung als Luftthermometer benützen. Die Konstanz des Volumens, d. h. die bekannte Formel $P = P_0 . (1 + \alpha t)$, ist hier insofern nahezu erfüllt, als wie in 14 die Verschiebungsvolumina gegen die Gefäßinhalte in erster Annäherung vernachlässigt werden dürfen.

16. Daltons Gesetz. Man stellt das offene Wassermanometer her, steckt bei T_3 das Gefäß G_1 an, das man verschließt, nachdem eine kleine dünnwandige, mit Äthyläther gefüllte Glaskugel eingebracht ist (Grimsehl, S. 284). Die anfänglichen Hahnstellungen sind H_1 (K, L), H_2 (G_1, K), H_4 (R, L). Man schließt nun H_1 und zerbricht durch Schütteln die Glaskugel. Der nach Eintritt des Gleichgewichtszustand s am Manometer abgelesene Stand entspricht nun in Übereinstimmung mit dem Daltonschen Gesetz dem Dampfdruck des Äthers bei der betreffenden Temperatur.

17. Siedepunkt und Druck. a) Bei T_3 ist das mit Wasser gefüllte und mit einem Siedethermometer versehene Gefäß G_1 angesteckt, während die Wasserfüllung des bei H_4 offenen Manometers in der Kapsel K bis etwa Marke 5 reicht. Die Hähne H_1 und H_2 sind zuerst ganz herausgenommen, so daß der Dampf zuerst auf das Manometer so gut wie nicht einwirkt. Ablesung des Thermometers. Man setzt nun H_1 in der Stellung H_1 (K, L) ein und H_2 in Stellung H_2 (G_1, K) und liest Thermometer und Manometer ab. Schließt man H_1 teilweise ab, so werden Thermometer und Manometer weiter steigen (Ablesung der Niveaudifferenz).

b) Kehrt man den Apparat um, sodaß die Mündung r des in H_3 (R, K) gestellten Hahnes nach oben ist und verbindet G_1 mit K durch Anstecken bei T_1, während man T_2 in Quecksilber taucht, so kann man (Grimsehl, S. 281) nach Wegnahme der Flamme zeigen, wie das Wasser noch weitersiedet, aber jetzt der niedrigeren Temperatur entsprechend bei kleinerem Druck. Das Quecksilber steigt im Rohr R in die Höhe.

18. Spannkraft gesättigter Dämpfe. Die Behandlung ist zunächst wie beim Barometer[3]). Sobald das Quecksilber in R nach etwa 2 cm von H_4 entfernt ist, arretiert man den erreichten Stand, indem man den Hahn H_3 um 45° dreht, so daß die Marke des Dreiweghahns dem Rohr R abgewendet ist. Nach Aufrechtstellung dreht man H_3 in die Lage H_3 (K, L) und läßt das Quecksilber aus der Kapsel K ablaufen, bis etwa der Stand 2 cm erreicht ist. Nun gießt man Äther in T_2 ein und bringt die Flüssigkeit durch Ansaugen über T_2 mit der Quecksilberkuppe in Berührung, so daß nach Abschluß von H_4 die Flüssigkeit den ganzen vom Quecksilber freien Raum der

[3]) Man kann auch wie beim Barometer das Quecksilber durch H_4 hindurchtreten lassen, dann H_4 absperren und H_3 (45°) einstellen. Füllt man nun T_2 mit noch etwas Quecksilber und darauf Flüssigkeit, so kann man diese in die Röhre hineinziehen, wenn man kurz nacheinander die Operationen H_3 (R, L), H_3 (45°); ausführt und H_4 wieder schließt. Jetzt erst kann man H_3 (R, K) herstellen und, wenn nötig, bei Stellung H_3 (K, L) etwas Quecksilber ablaufen lassen.

Röhre R ausfüllt. Bei Hahnstellung H_3 (K, R) kann nun Äther verdampfen und man liest die Spannkraft p des gesättigten Ätherdampfes unmittelbar ab. Füllt man nun bei T_1 Quecksilber nach, so hat diese Volumenverminderung keine Druckvergrößerung zur Folge; ebenso bleibt die Spannkraft des gesättigten Dampfes unverändert, wenn man dessen Volumen dadurch vergrößert, daß man bei Hahnstellung H_3 (K, L) Quecksilber ablaufen läßt und dann nach H_3 (K, R) umstellt. Die Spannkraft des gesättigten Dampfes ist nur eine Funktion der Temperatur, die man durch Abkühlen der Röhre mit einem äthergetränkten Wattebäuschchen oder durch Anwärmen zeigt.

19. Skalendilatometer. Man füllt durch Ansaugen bei T_1 (bei geschlossenem H_2) die Kapsel durch r hindurch [Stellung H_3 (K, L)] mit der Flüssigkeit, bis sie nach T_1 übertritt, stellt H_3 um, so daß die Flüssigkeit nach R übertritt und nach Abschluß von H_1 die Kapsel vollständig ausfüllt. Die Verschiebung der Flüssigkeit kann an der Röhre R abgelesen werden. Sind die zu den Temperaturen t_1 und t_2 gehörigen Volumina V_1 und V_2 und 3α der Ausdehnungskoeffizient des Glases, so ist bekanntlich der mittlere Ausdehnungskoeffizient β der Flüssigkeit:

$$\beta = 3\alpha \cdot \frac{V_2}{V_1} + \frac{1}{V_1} \cdot \frac{V_2 - V_1}{t_2 - t_1} = 3\alpha \cdot Q + \frac{Q-1}{t_2 - t_1}$$

Das Verhältnis

$$Q = \frac{V_2}{V_1} = \frac{V_0 + h_2 q}{V_0 + h_1 q} = \frac{1 + h_2 \cdot k}{1 + h_1 \cdot k} = 1 + (h_2 - h_1)\, k$$

kann (s. 13) leicht gefunden werden.

Fig. 6.

20. Innere Reibung der Flüssigkeiten. Um die verschiedene Viskosität der Flüssigkeiten zu zeigen, bzw. mit einiger Annäherung zu messen, benutzt man den bei T_2 aufzusteckenden Kugeltrichter (Fig. 5). Man nimmt H_3 ganz heraus, schließt H_4 und füllt den aufgesteckten Kugeltrichter bis oben an. Nach Öffnung von H_4 läuft die Flüssigkeit ab. Die Sekundenstoppuhr wird ein- und ausgeschaltet, wenn die Flüssigkeit die Anfangs- bzw. Endmarke m und n der Kugel passiert. Sind diese Zeiten für zwei Flüssigkeiten τ_1, und τ_2 die entsprechenden spezifischen Gewichte s_1 und s_2 und Viskositätskoeffizienten η_1 und η_2, so ist bekanntlich $\eta_1 : \eta_2 = s_1 \tau_1 : s_2 \tau_2$. Für Schwefelsäure wurde z. B. die relative Reibung zu 21 bestimmt, für Wasser = 1 gesetzt (Temperatur 15°).

21. Wärmeerscheinungen bei chemischen Vorgängen. Der Hals des Gefäßes G_1 ist weit genug, um einen Gummistopfen aufnehmen zu können, in den ein dünnwandiges Reagenzrohr eingepaßt ist. Das übrige ergibt sich von selbst.

22. Modell einer Quecksilberluftpumpe. Die Anordnung ist aus Fig. 6 ersichtlich. Der Apparat ist umgekehrt aufgestellt und bei H_1 durch eine Ansatzröhre von etwa 25 cm verlängert, welche in das mit dem Dreiweghahn H_5 ausgestattete Quecksilbergefäß B eingepast ist. Von H_5 und H_4 aus gehen Schlauchleitungen zu dem T-rohr T, das an die Wasserluftpumpe angeschlossen ist. Das Gefäß M ist eingeschaltet, um etwa mitgerissenes Quecksilber aufzufangen. Von den Hähnen ist H_2 dauernd geschlossen, H_1 und H_4 sind dauernd in Verbindungsstellung. Die Dreiweghähne H_5 und H_3 sind die eigentlichen Operationshähne. An die Mündung r des in bekannter Weise vor dem Herausfallen gesicherten Hahnes H_3 ist das zu evakuierende

entsprechend unterstützte Gefäß X angesteckt. Die Stative und sonstigen Stützen sind in der Zeichnung weggelassen. Die Operationen sind dann kurz folgende:

1. H_5 (B, L); H_3 (R, K) bei dauernd in Betrieb gesetzter Wasserluftpumpe.
2. H_3 (45^0), so daß X gegen K und R abgesperrt ist, nachdem das Quecksilber bis in den Hahn H_3 hinein aufgestiegen ist.
3. H_5 (B, T) und hierauf H_3 (X, K), wenn das Quecksilber begonnen hat, zurückzuweichen.
4. Wiederholung von 1, 2, 3.

Diese wenigen Andeutungen mögen genügen, um die mannigfache Verwendbarkeit des Apparates darzutun. Die Erweiterung des Anwendungsgebietes hängt natürlich auch von der Zulassung weiterer Zusatzteile ab, die man sich nach Bedürfnis und von Fall zu Fall wird beschaffen müssen.

Die Umkehrung der Spektrallinien.

Von
E. Grimsehl in Hamburg.

Für den Versuch, die Spektrallinien, insbesondere die Natriumlinie im objektiven Bilde des Spektrums umzukehren, sind schon viele Vorschriften veröffentlicht worden; ich selbst habe schon in früheren Aufsätzen in dieser Zeitschrift solche Vorschriften gegeben, die recht gute Resultate ergeben. Trotzdem berichte ich hier über eine neue Versuchsanordnung, die alle mir bisher bekannten an Einfachheit, Sicherheit und Schönheit weit hinter sich läßt.

In Fig. 1 ist die ganze Versuchsanordnung abgebildet; nur muß man den Schirm, auf dem das Spektrum aufgefangen wird, weiter fortgerückt denken, so daß das

Fig. 1.

Spektrum die ganze Breite des Schirmes einnimmt. Hier ist L eine Liliputprojektionslampe, vor deren Kondensor eine Zylinderlinse Z (ein zylindrisches Brillenglas) eingesetzt worden ist, die den Spalt eines Spektralapparates Sp mit gerader Durchsicht gleichmäßig beleuchtet. Zwischen dieser Zylinderlinse und dem Spektralapparat steht der wichtigste neue Teil für den Versuch, der Brenner B, der in Fig. 2 noch einmal besonders abgebildet ist. Der Brenner besteht aus einem großen Teclubrenner mit schlitzförmigem Brenneraufsatz, der zur bequemen Einstellung auf die richtige Höhe auf einem verstellbaren Stativfuße montiert worden ist. Außerdem sitzt an dem Brennerrohr verstellbar ein Gestell aus hart miteinander verlöteten Messingstäben, das oberhalb des Schlitzbrenners ein horizontales Rechteck bildet. Auf dieses werden zwei Asbestpappen so aufgelegt, daß sie gerade oberhalb des Schlitzbrenners einen etwa 8 mm breiten Spalt zwischen sich lassen. Die Breite des Spalts muß so be-

messen werden, daß seine Ränder von der aus dem Brenner aufsteigenden Flamme beiderseitig bespült werden. Die beiden Asbestpappen werden mit konzentrierter Kochsalzlösung getränkt. Man kann auch einfach die Asbestpappen unter der Wasserleitung anfeuchten und dann Kochsalz aufstreuen. Bei richtiger Einstellung der Flamme und der Spaltbreite verbreitet die Flamme ein solch intensives monochromatisches Licht, daß das ganze Zimmer mit dem Natriumlicht beleuchtet wird. Dieses Licht eignet sich auch ganz besonders gut dazu, Versuche über das Verschwinden der Farbenunterschiede bei monochromatischer Beleuchtung anzustellen.

Fig. 2.

Der Brenner wird, wie Fig. 1 zeigt, so zwischen die Liliputlampe und den Spektralapparat gestellt, daß das von der Lampe kommende Licht die Flamme der Länge nach in ihrem untersten Teil, also zwischen den beiden Asbestpappen, durchstreicht. Dann entsteht auf dem auf dem Schirme *Sch* aufgefangenen Spektrum eine dunkle Natriumlinie von solcher Schärfe, wie ich sie sonst noch nicht gesehen habe. Natürlich muß der Spektralapparat vorher richtig eingestellt worden sein, so daß auf dem Schirme ein reines Spektrum entsteht. Man braucht das Zimmer keineswegs vollständig zu verdunkeln; auch braucht man die Natriumflamme nicht abzublenden; man tut nur gut, über den Spektralapparat einen mit einem Loche versehenen undurchsichtigen Pappschirm zu setzen, der das direkte Licht der Flamme von dem Schirme abhält.

Die dunkle Natriumlinie ist im ganzen Zimmer auf mehr als 10 m Entfernung gut zu sehen. Sie bleibt auch stundenlang in ihrer Schärfe bestehen.

Zum Zeichen ihrer Beständigkeit habe ich das auf dem Schirme entstandene Bild mit gewöhnlichen photographischen Platten photographiert. Fig. 3 zeigt die Wiedergabe einer solchen Photographie. Ich mußte, um das rote und gelbe Ende des Spektrums noch mit genügender Helligkeit auf die Platte zu bekommen, eine halbe Stunde lang exponieren. Man kann an dem in Fig. 3 wiedergegebenen Bilde sehen, daß während dieser ganzen Zeit die Natriumlinie deutlich und scharf geblieben ist, da sie sich vollständig scharf auf dem Bilde abzeichnet.

Fig. 3.

Die beschriebene Versuchsanordnung der Umkehrung der Natriumlinie hat vor der Umkehrung der Linie mit verdampfendem metallischen Natrium den großen Vorzug, daß der Versuch lange ausgeführt werden kann, ohne daß die Luft im Zimmer wesentlich verschlechtert wird, während das verdampfende und verbrennende metallische Natrium schon nach kurzer Zeit das Zimmer mit unerträglichen Dämpfen von Natriumhydroxyd erfüllt.

Mit Hilfe des in Fig. 2 abgebildeten Natriumbrenners ist übrigens auch die direkte Umkehrung der Flamme recht gut zu zeigen. Man braucht zu dem Zwecke nur in die eine Asbestplatte ein etwa 1 cm großes Loch im Abstande von etwa $1^1/_2$ cm vor dem Schlitz zu machen. Es brennt dann aus diesem Loch eine kleine Natriumflamme, die vor der breiten Flamme fast tiefschwarz erscheint.

Mit einer etwas veränderten Anordnung ist mir auch die objektive Umkehrung einiger Strontiumlinien im Spektrum gelungen. Als ich versuchte, die Asbestpappe mit Strontiumnitrat oder mit Strontiumchlorid zu tränken und dann eine intensive Strontiumflamme zu erhalten, wie es mir mit der Natriumflamme gelungen war, war der Erfolg des Versuches vollständig negativ. Nur auf kurze Augenblicke und auch nur in wenigen Punkten wurde die breite Flamme rot gefärbt. Nur solange die Strontiumlösung noch flüssig war, traten an den Punkten, an denen das auskristallisierende Strontiumsalz zerknisterte, rote Flecken in der Flamme auf. Dieses veranlaßte mich zu folgender Abänderung des Versuchs. Ich ersetzte die beiden Asbestpappen durch flache rechteckige Gefäße aus dünnem Messingblech, deren einander zugekehrte Ränder nur niedrig, schwach aufgebogen waren, während die übrigen Ränder etwa $1\frac{1}{2}$ cm hoch waren. Setzte ich diese beiden flachen Gefäße auf das Gestell oberhalb des Schlitzbrenners und füllte sie so weit mit konzentrierter Strontiumlösung, daß sie beinahe an den niedrigen Kanten überfloß, so verdampfte hier die Strontiumlösung, die entstehenden Salzkristalle zerknisterten und spritzten auf diese Weise dauernd kleine Salzmengen direkt in die Flamme. Hierdurch wurde die Flamme dauernd intensiv rot gefärbt.

Diese Strontiumflamme ist zur Umkehrung der Strontiumlinien ebenso geeignet wie die Natriumflamme. Wenngleich die Umkehrung der Strontiumlinien bei weitem nicht so glänzend ist, wie die der Natriumlinie, so erkennt man dennoch deutlich die beiden dunklen Linien im Spektrum, die den roten und orangefarbigen Linien des Strontiumspektrums entsprechen. Oft gesellt sich diesen Linien noch die dunkle Natriumlinie bei. Auch Andeutungen der Strontiumbanden im übrigen Teil des Spektrums sind vielfach zu erkennen.

Von anderen Linien ist mir bisher nur die Umkehrung der Kupferlinien nach dem Verfahren gelungen, das ich bei den Strontiumlinien erfolgreich angewandt habe; aber die hierbei enstehenden Dämpfe sind so unangenehm und offenbar auch schädlich für die Schleimhäute, daß ich bei Anstellung dieses Versuchs dringend zur Vorsicht raten möchte. Ich habe es nicht gewagt, diesen Versuch vor der Klasse auszuführen. Offenbar kann man den Versuch unter dem Abzuge machen; aber dann ist die übrige Anordnung doch zu unbequem.

Die Umkehrung der Strontiumlinie erscheint mir deshalb besonders lehrreich, weil durch diesen Versuch den Schülern der Nebengedanke genommen wird, daß die Umkehrung der Spektrallinien nur für die Natriumlinie möglich ist. Man soll aber im Unterricht niemals aus einer Einzelerscheinung auf eine allgemeine Gesetzmäßigkeit schließen[1]).

Über die durch wiederholte Reflexionen innerhalb eines dreiseitigen Prismas erzeugten Bilder und eine neue Methode zur Bestimmung der Winkel eines Prismas mit nahe gleichseitigem Hauptschnitt.

Von

J. M. Byvoet und **R. Sissingh** in Amsterdam.

1. Bei der Bestimmung des Brechungsverhältnisses eines dreiseitigen Prismas mit nahe gleichseitigem Hauptschnitt im Praktikum für Anfänger im hiesigen physikalischen Laboratorium wurde öfters beobachtet, daß bei nicht zu großen Einfallswinkeln sich nicht ein, sondern drei Bilder des Kollimatorspaltes im Fernrohr zeigten.

[1]) Die Hilfsapparate zur Ausführung der oben beschriebenen Versuche werden nach meinen Angaben von der Firma A. Krüß, Hamburg, Adolfsbrücke 7 und Gebr. Ruhstrat, Göttingen angefertigt und in den Handel gebracht.

Eins dieser Bilder entsteht durch die unmittelbar an der Seitenfläche reflektierten Strahlen und ist ein wenig heller als die beiden anderen. Eine einfache Überlegung zeigt, daß diese letzten Spaltbilder entstehen durch drei innere Reflexionen der Strahlen im Prisma, deren zwei totale sind (Fig. 1 und 2.) Da die unmittelbar reflektierten Strahlen durch die Reflexion in Luft gegen Glas geschwächt werden, die Strahlen der beiden anderen Spaltbilder namentlich durch die Reflexion in E (Fig. 1 und 2), welche keine totale ist, besteht kein großer Unterschied in der Lichtstärke der drei Spaltbilder.

Bezeichnet man den Brechungswinkel im Einfallspunkt P mit r, die Winkel des Hauptschnitts des Prismas mit A, B, und C, dann ist der Winkel des dreifach reflektierten Strahles mit dem Einfallslot auf Seite BC im Austrittspunkt Q:

$$\text{Fig. 1} \quad r_1 = r + 2(B - A), \qquad \text{Fig. 2} \quad r_2 = r + 2(A - C).$$

Sind die Winkel des Hauptschnittes des Prismas nahe 60^0, so ist der Einfallswinkel in D (Fig. 1) $B + r$ oder nahe $60^0 + r$, in F (Fig. 2) $2A - C + r$ oder nahe

Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 2a.

$60^0 + r$, beide Reflexionen also total. Der Einfallswinkel in F (Fig. 1) ist $2A - B - r$ oder nahe $60^0 - r$, in D (Fig. 2) $C - r$ oder nahe $60^0 - r$. Sei g der Grenzwinkel, dann sind beide letzteren Reflexionen total, wenn $60^0 - r > g$. Für das benutzte Prisma aus gewöhnlichem Crownglas war $n_D = 1{,}5297$, also $g = 40^0\ 49{,}5'$. Die Bedingung gibt $r < 19^0\ 10{,}5'$, oder $i < 30^0\ 10'$, wobei i der Einfallswinkel in P ist. Nur wenn die Strahlen unter spitzerem Winkel als $30^0\ 10'$ einfallen, können die drei Spaltbilder beobachtet werden. Im Falle die Winkel des Hauptschnitts gleich sind, also $A = B = C = 60^0$, sind die Richtungen der unmittelbar reflektierten und nach drei inneren Reflexionen austretenden Strahlen dieselben und wird nur ein Spaltbild beobachtet. Das Auftreten der drei Spaltbilder ist ein scharfes Kennzeichen dafür, daß die Winkel des Prismas ungleich sind. Die drei Spaltbilder ermöglichen auch eine sehr genaue Bestimmung dieser Winkel. (§ 9).

2. Es fragt sich nun, ob nicht andere Spaltbilder auftreten können, welche für die Beobachtung eine genügende Lichtstärke haben. Die verschiedenen Arten, auf welchen ein auf der Seitenfläche BC eintretender Strahl nach drei oder mehreren inneren Reflexionen austreten kann, ergeben sich, indem man den Einfallspunkt P entlang der Fläche BC von B aus fortschreiten läßt. So tritt erst der Fall, in Fig. 1 dargestellt, auf. Trifft bei der Wanderung von P entlang BC der gebrochene Strahl PD die Ecke A (Fig. 2a), so geht Fall I in Fall II (Fig. 2) über. Betrachtet man das Dreieck ABC als gleichseitig, ist r wiederum der Brechungswinkel im Einfallspunkt P, a die Länge der Seiten des Hauptschnittes, so ist $BP_1 = \frac{a}{2}(1 - \sqrt{3}\,\mathrm{tg}\, r)$. Schreitet P weiter fort, dann läuft der Strahl im Dreieck herum wie in Fall II (Fig. 2), bis EF den Eckpunkt C trifft und P_2 der betreffende Einfallspunkt ist (Fig. 2a). $BP_2 = a(1 - \sqrt{3}\,\mathrm{tg}\, r)$, also $BP_1 = P_1 P_2$.

3. Es können aber noch neue Strahlen auftreten aus dem Teile des Strahles FQ, der im Falle I oder II an der Austrittsfläche reflektiert wird. Diese Reflexion ist nicht eine totale. Der reflektierte Teil kann entweder wie im Falle I oder II den Hauptschnitt durchlaufen. Deutet man Fall I durch (I), Fall II durch (II) an, so können nur die Kombinationen (I) (I), (II) (II) und (I) (II) auftreten. (II) (I) ist ein nichtmöglicher Fall.

(I) oder (II)können nur eintreten, wenn der Einfallspunkt auf der Strecke BP_1 resp. $P_1\ P_2$ liegt und der oben angegebene Wert dieser Strecke positiv ist, d. h. $\mathrm{tg}\,r < 1:\sqrt{3}$ oder $r < 30^0$ und für $n_D = 1{,}5297$, wie in § 1, $i < 49^0\ 53{,}5'$. Es ist aber schon in § 1 eine schärfere Grenze für den Einfallswinkel gefunden, nl. $i < 30^0\ 10'$. Die Entfernung des Austrittspunkts Q vom Eintrittspunkte P ist sowohl in (I) wie in (II) $a\sqrt{3}\ \mathrm{tg}\,r$. Damit (I)(I) eintreten kann, soll der Einfallspunkt sich nicht mehr als $\frac{1}{2}a\,(1-\sqrt{3}\ \mathrm{tg}\,r) - a\sqrt{3}\ \mathrm{tg}\,r = \frac{1}{2}a\,(1-3\sqrt{3}\ \mathrm{tg}\,r)$ von B entfernen. (I) (I) kann daher nur eintreten für $\mathrm{tg}\,r < 1:3\sqrt{3}$ oder $r < 10^0\ 54'$ und, indem man n_D wiederum gleich 1,5297 setzt, $i < 16^0\ 49'$. Die Breite des Lichtbündels, der wie im Falle (I) (I) den Hauptschnitt durchläuft, nimmt zu, wenn i kleiner wird. Für $i = 0$, ist die Breite ein Maximum, nl. $\frac{1}{2}a$, der Einfallswinkel in E gleich Null. Die Strahlen werden in derselben Richtung reflektiert. Auf nämliche Weise findet man, daß die Länge der Strecke, auf welcher der Einfallsspunkt liegen soll, damit (II) (II) auftritt, dieselbe Größe hat, nl. $\frac{1}{2}a\,(1-3\sqrt{3}\ \mathrm{tg}\,r)$. Die obere Grenze des Winkels, wofür (II) (II) entstehen kann, ist wie für (I) (I) $r < 10^0\ 54'$, $i < 16^0\ 49{,}5'$. Auch in diesem Falle ist die Breite des Lichtbündels größer, das Bild intensiver[1]), desto kleinerer der Einfallswinkel ist.

4. Fall (I) (II) kann offenbar nicht eintreten, wenn die Verschiebung des Einfallspunktes in (I) oder (II) größer ist als die Strecke, auf welcher der Einfallspunkt liegen soll, damit (I) oder (II) eintritt. Die Bedingung für das Eintreten des Falls (I) (II) ist also $a\sqrt{3}\ \mathrm{tg}\,r < 2 \times \frac{1}{2}a\,(1-\sqrt{3}\ \mathrm{tg}\,r)$ oder $\mathrm{tg}\,r < 1:2\sqrt{3}$, $r < 16^0\ 6'$ und für $n_D = 1{,}5297$ $i < 25^0\ 6'$. Da in (I) sowie in (II) die Verschiebung des Einfallspunktes gleich $a\sqrt{3}\,\mathrm{tg}\,r$ ist und die Breite des Lichtbündels $\frac{1}{2}a\,(1-\sqrt{3}\ \mathrm{tg}\,r)$, ist die Breite des Lichtbündels im Falle (I) (II) $a\sqrt{3}\ \mathrm{tg}\,r$, wenn die Verschiebung des Einfallspunktes kleiner ist als die Länge der Strecke, auf welcher der Einfallspunkt sich in diesen Fällen befinden soll, d. h. wenn $a\sqrt{3}\,\mathrm{tg}\,r < \frac{1}{2}a\,(1-3\sqrt{3}\,\mathrm{tg}\,r)$ oder $\mathrm{tg}\,r < 1:3\sqrt{3}$, $r < 10^0\ 54'$, und für $n_D = 1{,}5297$. $i < 16^0\ 49'$. Es können dann auch die Fälle (I) (I) und (II) (II) auftreten.

Ist aber die Verschiebung des Einfallspunktes größer als die Breite des Lichtbündels in den Fällen (I) oder (II), also $i > 16^0\ 49'$, so ist die Breite des Lichtbündels im Falle (I) (II) $2 \times \frac{1}{2}a\,(1-\sqrt{3}\,\mathrm{tg}\,r) - a\sqrt{3}\,\mathrm{tg}\,r = a\,(1-2\sqrt{3}\,\mathrm{tg}\,r)$, Da, wie oben gezeigt, (I) (II) nur eintritt, wenn $\mathrm{tg}\,r < 1:2\sqrt{3}$, ist dieser Ausdruck immer positiv. Die Fälle (I) (I) und (II) (II) können (siehe oben) dann nicht mehr eintreten. Eine einfache Überlegung zeigt, daß im Falle (I) (II) die Breite des Lichtbündels am größten ist, wenn die Verschiebung gleich ist der Teilstrecke, auf welcher sich im Falle (I) oder (II) der Einfallspunkt befinden soll, d. h. wenn $\frac{1}{2}a\,(1-\sqrt{3}\ \mathrm{tg}\,r) = a\sqrt{3}\,\mathrm{tg}\,r$, oder $r = 10^0\ 54'$ und für $n_D = 1{,}5297$, $i = 16^0\ 49{,}5'$. Für diesen Einfallswinkel ist also das Bild im Falle (I) (II) am intensivsten und gehen die beiden oben unterschiedenen Unterfälle von (I) (II) in einander über. Dieser Winkel ist zugleich die obere Grenze von i für das Eintreten der Fälle (I) (I) sowie (II) (II).

5. Schreitet der Einfallswinkel noch weiter als P_2 (Fig. 2a) entlang der Seite BC fort, so trifft EF die Seitenfläche BC (Fig. 3), wird unter dem Winkel $60^0 - r$ total reflektiert und kann erst nach 6 weiteren Reflexionen in Q austreten. Der Strahl hat im Inneren des Hauptschnittes 9 Reflexionen erlitten, unter welchen 5 totale sind. Die Einfallswinkel sind abwechselnd $60^0 - r$ und r, derjenige bei H $60^0 + r$. Nennen

[1]) Die Änderungen in der Intensität des reflektierten Lichtes, wenn der Einfallswinkel ein anderer wird, werden außer acht gelassen.

wir diesen Fall (III). Nach einem Umlauf $GHIJK$ im Hauptschnitt hat der Strahl wiederum dieselbe Richtung, d. h. $LK \parallel HG$, ist aber entlang der Seitenfläche CA um $a\sqrt{3}\,\mathrm{tg}\,r$ verschoben. So lange der Strahl KL die Seitenfläche BC trifft, findet wiederum ein Umlauf durch den Hauptschnitt statt, weil die Reflexionen in H und J totale sind.

Fig. 3.

Da die Reflexionswinkel in G (K) gleich r sind, kann (III) nur eintreten, wenn $r < 30^0$ oder $i < 49^0\,54'$. Wie jedoch in § 2 bemerkt, ist in § 1 schon eine engere Grenze für den Einfallswinkel gezogen.

Zieh die Hilfslinie BG' (Fig. 4) parallel den Strahlen GH und KL, so läuft der Strahl GH so lange im Hauptschnitt herum, als der Punkt G sich auf der Teilstrecke $G'C$ befindet. Bei jedem Umlauf wird die Anzahl der Reflexionen um 4 vermehrt, worunter 2 nicht totale, und wird der Brechungswinkel im Austrittspunkt Q um $2\,(C - B)$ größer. Für ein Strahl, der nach p Umläufen austritt, ist der Brechungswinkel $r + 2\,p\,(C - B)$.

Fig. 4.

Für denselben Einfallswinkel wird CG desto kleiner, je mehr der Einfallspunkt P nach B rückt, und am kleinsten, wenn G in C liegt, in welchem Punkte sich dann auch F, G und H zusammenziehen. Ist die Anzahl der Umläufe $GHIJK$ (Fig. 3) p, so hat man, weil $GK = a\sqrt{3}\,\mathrm{tg}\,r$, $CG_p = p\,a\sqrt{3}\,\mathrm{tg}\,r$[2]). Wenn G in C liegt, fällt EF mit EC zusammen und liegt also der Einfallspunkt P in P_2. Da $BP_2 = a\,(1 - \sqrt{3}\,\mathrm{tg}\,r)$ (siehe § 2), ist $P_2C = a\sqrt{3}\,\mathrm{tg}\,r$. Für diese Lage des Einfallspunktes tritt, wie schon oben angegeben, (III) zuerst auf. CG ist am größten, beim gleichen Einfallswinkel, wenn D und P mit C zusammenfallen. Es ist dann $CG = a\sqrt{3}\,\mathrm{tg}\,r$, also $CG_p = (p + 1)\,a\sqrt{3}\,\mathrm{tg}\,r$.

Man kann auf folgende Weise die Grenzen des Einfallswinkels bestimmen, wofür eine gegebene Anzahl von Umläufen eintritt. Da $GK = a\sqrt{3}\,\mathrm{tg}\,r$ und $CG' = \frac{1}{2}a\,(1 - \sqrt{3}\,\mathrm{tg}\,r)$, ist die möglichst große Anzahl von Umläufen $\frac{\mathrm{Cot}\,r}{2\sqrt{3}} - \frac{1}{2}$. Damit also der Strahl mit p Umläufen auftreten kann, muß die Bedingung $\frac{\mathrm{Cot}\,r}{2\sqrt{3}} - \frac{1}{2} > p - 1$ erfüllt sein. Die möglichst kleine Zahl von Umläufen ist $[\frac{1}{2}a\,(1 - \sqrt{3}\,\mathrm{tg}\,r) - a\sqrt{3}\,\mathrm{tg}\,r] : a\sqrt{3}\,\mathrm{tg}\,r = \frac{\mathrm{Cot}\,r}{2\sqrt{3}} - \frac{3}{2}$. Damit für einen solchen Strahl die Anzahl von Umläufen p nicht übertrifft, soll $\frac{\mathrm{Cot}\,r}{2\sqrt{3}} - \frac{3}{2} < p$. Die gesuchten Grenzen des Brechungswinkels sind daher $(2\,p + 3)\sqrt{3} > \mathrm{Cot}\,r > (2\,p - 1)\sqrt{3}$.

Weil für einen selben Wert von r die größte und kleinste Zahl von Umläufen sich um 1 unterscheidet, können im Falle (III) nur 2 Bilder zu gleicher Zeit entstehen. Damit die Strahlen mit p und $p + 1$ Umläufen zu gleicher Zeit austreten können, soll $(2\,p + 3)\sqrt{3} > \mathrm{Cot}\,r > (2\,p + 1)\sqrt{3}$. Wenn $\frac{\mathrm{Cot}\,r}{2\sqrt{3}} - \frac{1}{2} = p$, so tritt nur ein Bild, *nl.* dasjenige mit p Umläufen auf. Für das Bild mit $p - 1$ Umläufen existiert dann nur 1 Strahl, der aus dem einfallenden in C entsteht. Wird r größer oder kleiner als der hierdurch gegebene Wert, so tritt der Strahl mit $p \mp 1$, Umläufen nebst demjenigen mit p Umläufen auf. Für $p = 1$ erleidet der Strahl 9 innere Reflexionen und tritt das entsprechende

[2]) G_p ist der Punkt, in welchem der Strahl GH nach p Umläufen die Seitenfläche CA trifft.

Bild auf für $49^0\,53{,}5' > i > 9^0\,53'$, für $p=2$ hat man 13 innere Reflexionen und sind die Grenzen des Einfallswinkels $16^0\,49' > i > 7^0\,14'$. Es ist wiederum $n_D = 1{,}5297$ gesetzt. Fügt man noch die weitere Bedingung hinzu, daß alle Reflexionen unter dem Winkel $60^0 - r$ totale sind, so darf i nie größer sein als $30^0\,10'$ (siehe § 1)[3].

6. Bei großen Einfallswinkeln kann der Fall eintreten, daß der Strahl in P_3 (Fig. 4) einfallend, nach drei inneren Reflexionen die Ecke B trifft. Geht der Einfallspunkt noch weiter nach rechts, so tritt der Strahl nach einer weiteren Reflexion an der Seitenfläche BA durch BC aus, in derselben Richtung wie die unmittelbar reflektierten Strahlen. Nennen wir diesen Fall (IV). Man findet leicht

$$P_3C = \frac{a}{2}(3\sqrt{3}\,\mathrm{tg}\,r - 1), \quad P_2P_3 = P_2C - P_3C = a\sqrt{3}\,\mathrm{tg}\,r - \frac{a}{2}(3\sqrt{3}\,\mathrm{tg}\,r - 1)$$

$= \frac{a}{2}(1 - \sqrt{3}\,\mathrm{tg}\,r)$, so daß B, P_1, P_2 und P_3 um die gleiche Distanz voneinander entfernt sind. Damit Fall (IV) auftreten kann, soll $\mathrm{tg}\,r > 3\sqrt{3}$, $r > 10^0\,54'$, und für $n_D = 1{,}5297$, $i > 16^0\,49{,}5'$. Diese ist die obere Grenze des Einfallswinkels für die Fälle (I) (I) und (II) (II), so daß, wenn diese Bilder nicht mehr auftreten, die Bilder (I), (II), (I) (II) und (III) noch entstehen können und (IV) anfängt aufzutreten. Die Bilder (I) (I), (II) (II) und (III) sind nur bei einem schwach versilberten Prisma beobachtet. In diesem Falle ist die obere Grenze des Brechungswinkels 30^0 ($\mathrm{tg}\,r = 1 : \sqrt{3}$). Wenn (I), (II) und (IV) zu gleicher Zeit auftreten, ist die Breite der Lichtbündel (I), (II) und (III) (siehe oben) die gleiche. Für $\mathrm{tg}\,r = 1 : 2\sqrt{3}$, $r = 16^0\,6'$ und für $n_D = 1{,}5297$, $i = 25^0\,6'$, sind die Breiten der Lichtbündel (I), (II), (III) und (IV) einander gleich. Sind die Seitenflächen BA und CA schwach versilbert, wodurch der Winkel $r = 19^0\,10'$, wo die inneren Reflexionen unter dem Winkel $60^0 - r$ aufhören totale zu sein, überschritten werden darf, so verschwinden beim Anwachsen des Einfallswinkels die Bilder (I), (II), (III) zu gleicher Zeit, bei $r = 30^0$, $i = 49^0\,54'$, nachdem schon (I) (II) bei $r = 16^0\,6'$, $i = 25^0\,6'$ verschwunden ist. Es ist dann noch Bild IV zu beobachten.

7. Die verschiedenen Bilder, deren Entstehung hier angegeben ist, sind auch beobachtet worden. Falls die drei Winkel des Hauptschnittes einander gleich, also 60^0 sind, treten sämtliche Strahlenbündel in derselben Richtung aus wie die unmittelbar an der Seitenfläche BC reflektierten Strahlen, da der Winkel, unter welchem die im Inneren reflektierten Strahlen im Austrittspunkte Q die Austrittsfläche BC treffen, gleich ist dem Brechungswinkel r im Eintrittspunkte P. Es wird dann im Fernrohr nur ein Spaltbild beobachtet. Sind die Winkel des Hauptschnittes einander nicht gleich, dann treten die Strahlenbündel in verschiedener Richtung aus dem Prisma und werden im Fernrohr mehrere Bilder beobachtet. Setzt man den Brechungswinkel im Eintrittspunkte P wiederum gleich r, so ist diese in den besprochenen Fällen

Fall:	Brechungswinkel im Austrittspunkt:
(I)	$r + 2(B - A)$
(II)	$r + 2(A - C)$
(I) (I)	$r + 2 \times 2(B - A)$
(II) (II)	$r + 2 \times 2(A - C)$
(I) (II)	$r + 2(B - A) + 2(A - C) = r + 2(B - C)$
(III)	$r + 2p(C - B)$
(IV)	r

Im Falle (III) gibt p die Anzahl Umläufe (§ 5). Wenn der Hauptschnitt nahe gleichseitig ist, sind $B - A$, $A - C$, $C - B$ sehr kleine Winkel und kann man die Änderungen in dem Austrittswinkel diesen kleinen Änderungen im Brechungswinkel

[3]) Bei einem an den Seitenflächen AB und AC schwach versilberten Prisma, womit zuerst die Bilder (III) beobachtet werden konnten (§ 8), ist die Bedingung $i < 49^0\,54'$, da der Winkel $r = 19^0\,10{,}5'$, wo die inneren Reflexionen unter dem Winkel $60^0 - r$ anfangen nicht mehr totale zu sein, alsdann überschritten werden darf.

proportional setzen. Also steht Bild (I) im Fernrohr in der Mitte zwischen den Bildern (I) (I) und dem unmittelbar reflektierten Bilde, das wir durch R andeuten werden, ebenso (II) in der Mitte zwischen R und (II) (II). Die Entfernung der Bilder (I) (II) von R ist die Summe der den Bildern (I) und (II) entsprechenden Entfernungen. Für $p = 1$ steht (III) ebenso weit von R, doch an der entgegengesetzten Seite wie (I) (II).

8. Die Bilder (I) und (II) entstehen neben R schon bei Beleuchtung mit Tageslicht. Bringt man einen dünnen Querfaden über die Mitte des Kollimatorspaltes, der ohnehin für die Justierung der verschiedenen Teile eines Goniometers oder Spektrometers so vorzügliche Dienste leistet, so erkennt man einen Pyramidenfehler des Prismas sogleich, indem dann in den drei Spaltbildern der Querfaden nicht in der gleichen Höhe steht. Dies ist ein sehr scharfes Kennzeichen für die Erkennung dieses Fehlers. Das Bild (I) (II) wurde beobachtet bei einem Einfallswinkel von etwas über 17°, also nahe unter dem Einfallswinkel, wobei das Bild am intensivsten ist (§ 4), indem man den Kollimatorspalt mittels eines Nernstbrenners erleuchtete. Die Bilder (I) (I) und (II) (II) wurden unter dem für die Intensität am günstigsten, also unter sehr kleinem Einfallswinkel (§ 3) aufgesucht. Um die Beobachtung zu ermöglichen, müßten die aus dem Prisma tretenden Strahlen mittels eines das Kollimator zum Teil bedeckenden versilberten Spiegels im seitlich vom Goniometer aufgestellten Fernrohr reflektiert werden. Es gelang dennoch erst, die Bilder (I) (I) und (II (II) zu sehen, nachdem die Seitenflächen BA und CA schwach versilbert waren. Nach der Versilberung könnten die Bilder bei einem größeren Einfallswinkel, also ohne Hilfsspiegel und bei Beleuchtung mit einer Kerze, gesehen werden. Das Bild (III) ($p = 1$) trat mit dem versilberten Prisma bei einem ziemlich großen Einfallswinkel auf zu gleicher Zeit mit R, (I) (II) und (I) (II). Die Einstellung auf die Mitte dieser Bilder mit dem vertikalen Faden des Fernrohrs ergab folgende Ablesungen:

Bild:	Einstellung:	Differenz:	
(I)	311° 12′	55′	
R	312° 7′		
(III) ($p = 1$)	312° 6′	9′	46′
(II)	312° 53′		

Der in § 7 angegebenen Relation $(III) - R = -[(I) - R + (II) - R]$ wird also streng genügt. Bei dem Einfallswinkel $i = 9^0\,52'$ wurden die folgenden angularen Distanzen der Bilder gemessen:

$$(I)(I) - R = -1^0\,42'$$
$$(II)(II) - R = +1^0\,23'$$
$$(I)(II) - R = -\ 9'$$
$$(I) - R = -51'$$
$$(II) - R = +41'$$

Diese Winkel genügen den in § 7 angegebenen Beziehungen:

$$(I)(I) - R = 2 \times [(I) - R] \qquad (II)(II) - R = 2 \times [(II) - R];$$
$$(I)(II) - R = (I) - R + [(II) - R].$$

Auf folgende Weise wurde noch bestätigt, daß die Bilder die angegebenen waren. In R war das Bild des Querfadens über den Kollimatorspalt auf dem horizontalen Draht. Nennt man die vertikale Distanz dieses Querfadens zum horizontalen Draht in den Bildern (I) und (II) a, so war diese bei dem benutzten Prisma für (III) ungefähr $3a$, für (I) (I) und (II) (II) ungefähr $2a$. Hält man nacheinander die verschiedenen Strahlenbündel zurück, indem man einen Schirm vor das Kollimatorobjektiv schiebt, so war die Reihenfolge, in der die Bilder verschwanden, (I), (II), (III), R oder (III), (II), (I), R. Das Bild (III) trat erst bei einer bestimmten unteren Grenze

des Einfallswinkels auf, größer als der in § 5 angegebene, weil sonst die Breite des Lichtbündels, also auch die Intensität, zu klein war[4]). Durch die, wenn auch schwache, Versilberung der zwei Seitenflächen AB und AC war die Intensität des Bildes (III) ungeachtet der neun inneren Reflexionen ziemlich beträchtlich.

Auch konnte bei großen Einfallswinkeln das Bild (IV) beobachtet werden, weil der Querfaden im unmittelbar reflektierten Bilde und (IV) wegen des Pyramidenfehlers des Prismas sich in ungleicher Höhe befindet. Wegen der Krümmung des Bildes des Kollimatorspaltes war auch das Bild am oberen und unteren Ende ein wenig fächerförmig ausgebreitet, was deutlich darauf hinwies, daß zwei Bilder sich überlagerten.

Es gelang auch noch, die obere Grenze des Einfallswinkels zu bestimmen, bei dem die Bilder (I) (I) und (II) (II) entstehen. Es wurde gefunden 16,5°, während die Rechnung ergibt 16° 49,5′ (§ 3). Das Bild (I) (II) verschwand beim Einfallswinkel 24,5°. Aus der Rechnung folgt 25° 6′ (§ 4). Da das Verschwinden der Bilder allmählich geschieht, ist die Übereinstimmung eine genügende.

9. Die oben angegebenen Bilder ermöglichen eine scharfe Bestimmung der Winkel des Prismas. Bezeichnet man die Winkel der unmittelbar reflektierten und im Falle (I) austretenden Strahlen mit der Normale der Austrittsfläche BC durch i und i_1, das Brechungsverhältnis durch n, den Brechungswinkel im Einfallspunkt durch r, so ist $\operatorname{Sin} i = n \operatorname{Sin} r$; $\operatorname{Sin} i_1 = n \operatorname{Sin}\{r + 2(B - A)\}$ (siehe § 1). Es sei $2(B - A) = \delta_1$. Da $dr : di = \operatorname{Cos} i : \sqrt{n^2 - \operatorname{Sin}^2 i}$ und $\delta_1 < 1^0$ wie aus den sogleich mitzuteilenden Messungen hervorgeht, ist mit genügender Genauigkeit

$$\delta_1 = (i_1 - i)\frac{\operatorname{Cos} i}{\sqrt{n^2 - \operatorname{Sin}^2 i}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad \text{a)}$$

Sei ebenso im Falle (II) der Winkel der austretenden Strahlen mit der Normale der Austrittsfläche BC gleich i_2, $2(A - C) = \delta_2$, so ist

$$\delta_2 = (i_2 - i)\frac{\operatorname{Cos} i}{\sqrt{n^2 - \operatorname{Sin}^2 i}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad \text{b)}$$

Es sei $A = 60^0 + \alpha$, $B = 60^0 + \beta$, $C = 60^0 + \gamma$, dann sind α, β und γ kleine Größen, $\delta_1 = 2(\beta - \alpha)$, $\delta_2 = 2(\alpha - \gamma)$, und weil $\alpha + \beta + \gamma = 0$,

$$\delta_2 - \delta_1 = 6\alpha = (i_2 - i)\frac{\operatorname{Cos} i}{\sqrt{n^2 - \operatorname{Sin}^2 i}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad \text{c)}$$

Aus der angularen Distanz der Bilder (I) und (II) findet man α oder A, durch Wiederholung dieser Beobachtung auf den Seitenflächen CA und AB, β und γ oder B und C. Da $\operatorname{Cos} i : \sqrt{n^2 - \operatorname{Sin}^2 i}$ für $0^0 < i < 30^0\,10'$, d. h. die Grenzen des Einfallswinkels, für welche die Bilder (I) und (II) entstehen können (§ 1), zwischen 0,60 und 0,65 liegt, geht ein Messungsfehler in diesen angularen Distanzen ungefähr 10 mal verkleinert in die Größen α, β und γ über. Wie aus den sogleich mitzuteilenden Messungen hervorgeht, ergaben sich bei einem mit genügender Sorgfalt hergestellten Prisma für α, β und γ Werte kleiner als 10′. Sind α, β und γ so groß, daß die oben eingeführten Annäherungen nicht mehr erlaubt sind, so kann man die richtige Formel

$$\delta_2 - \delta_1 = 6\alpha = \operatorname{Arc\,Sin}\frac{\operatorname{Sin} i_2}{n} - \operatorname{Arc\,Sin}\frac{\operatorname{Sin} i_1}{n}$$

anwenden[5]). Zur Bestimmung von α sind jetzt vier statt drei Ablesungen erforderlich, wodurch die Genauigkeit etwas, wenn auch nicht sehr beträchtlich, geringer wird.

---

[4]) Für $i < 16^0\,49{,}5'$, wenn (IV) nicht entstehen kann, ist die Gesamtbreite der Lichtbündel (III), mit p und $p + 1$ Umläufen, $a\sqrt{3}\operatorname{tg} r$.

[5]) Auch wenn der Hauptschnitt des Prismas weit von der Gleichseitigkeit abweicht, können nach dieser Formel die Winkel berechnet werden.

Der Wert von n braucht nur näherungsweise bekannt zu sein. Für $0^0 < i < 30^0$ ist für $n_D = 1{,}5297$ $n > \sqrt{n^2 - \mathrm{Sin}^2 i} > n \times 0{,}94$, so daß ein Fehler in n mit nahe dem gleichen Prozentsatz in α übergeht[6]). Berechnet man n aus der Minimalablenkung unter der Annahme, daß der Hauptschnitt gleichwinklig sei, so bedingt bei dem oben angegebenen Werte von α, nl 10′, diese Abweichung einen Fehler von $^1/_5$% in n. Setzt man die Genauigkeit der Messung von $6\,\alpha$ mit einem Goniometer, dessen Nonius nur die Ablesungen auf $^1/_2{}'$ gestattet, auf 1%, so bedingt dieser Fehler in n eine Änderung in α, welche nicht in Betracht kommt zu denjenigen, welche aus Messungsfehlern hervorgehen.

Die Beobachtungen an den drei Seitenflächen ergaben:

Seitenfläche:			
BC	$i = 27^0\,36{,}5'$	$i_1 - i = -45'$	$i_2 - i = 53'$
CA	$i = 29^0\,17{,}5'$	$i_1 - i = -9'$	$i_2 - i = -46'$
AB	$i = 28^0\,27'$	$i_1 - i = 52'$	$i_2 - i = -9'$

Hieraus berechnet man:

	α	β	γ
	9,9′*	−3,8′	−6,2′
	10,1′	−3,7′*	−6,4′
	9,8′	−3,6′	−6,1′*
Mittel	9,9′	−3,7′	−6,2′

Die mit * bezeichneten Werte sind mittels Gleichung c) berechnet, die beiden anderen der gleichen Horizontalreihe aus diesem Werte unter Heranziehung einer der Gleichungen a) oder b) und der Gleichung $\alpha + \beta + \gamma = 0$. Die drei Winkel des Prismas sind also:

$$A = 60^0\,9{,}9' \qquad B = 59^0\,56{,}3' \qquad C = 59^0\,53{,}8'$$

Mit einer Ablesung des Nonius bis 0,5′ bekommt man die Winkel fast zu ein oder zwei Zehnteln einer Minute genau, was mit der oben angegebenen Fehlergrenze übereinstimmt.

Aus den in § 8 angeführten Beobachtungen von (I) (I) und (II) (II) kann ein noch genauerer Wert von α oder A berechnet werden. Es seien δ_{22} und δ_{11} bzw. $2 \times 2\,(B - A)$ und $2 \times 2\,(A - C)$, d. h. die Differenzen im Brechungswinkel beim Austrittspunkt in den Fällen (I) (I), (II) (II) und demjenigen im Einfallspunkt P, i_{11} und i_{22} die Winkel zwischen den austretenden Strahlen der Bilder (I) (I) bzw. (II) (II) und der Normale der Austrittsfläche, dann ist

$$\delta_{22} - \delta_{11} = 12\,\alpha = (i_{22} - i_{11}) \frac{\mathrm{Cos}\, i}{\sqrt{n^2 - \mathrm{Sin}^2 i}}\,.$$

Diese Gleichung wird auf nämliche Weise wie c) (siehe oben) erhalten. Für i soll in dieser Näherungsformel ein gewisser Mittelwert zwischen i_{22} und i_{11} gesetzt werden. Eine Änderung von 1^0 in i bedingt einen Fehler von 0,2% in $\mathrm{Cos}\, i : \sqrt{n^2 - \mathrm{Sin}^2 i}$ oder 0,2′ in $12\,\alpha$ und einen von 0,02′ in α. Indem man also $i = (i_{11} + i_{22}) : 2$ setzt, wird der Fehler in α oder A unbeträchtlich. Es folgt dann $\alpha = 10{,}0'$. Dieser Wert von α oder $A = 60^0\,10{,}0'$ ist also als die genaueste zu betrachten. Diese Methode ist etwas weniger einfach als diejenige aus den Bildern (I) und (II), weil sie die Versilberung von zwei Seitenflächen erfordert.

---

[6]) Setzt man $\sqrt{n^2 - \mathrm{Sin}^2 i} = y$, dann ist $\frac{dy}{y} = \left[1 : \left(1 - \frac{\mathrm{Sin}^2 i}{n^2}\right)\right] \frac{dn}{n}$, woraus die im Texte gegebene Behauptung sogleich hervorgeht.

Eine Methode zur Bestimmung des Brechungsverhältnisses einer Flüssigkeit.

Von

H. J. Oosting, in den Helder.

In der englischen Wochenschrift *Nature* hat Pingriff vor einiger Zeit[1]) eine einfache Methode angegeben für die Bestimmung des Brechungsverhältnisses einer Flüssigkeit, von der nur eine kleine Menge vorrätig ist. Die Beschreibung lautet ungefähr wie folgt:

Auf der Grundplatte eines Statives (Fig. 1) liegt ein ebener Spiegel und darauf ist eine bikonvexe Linse so gelegt, daß der Mittelpunkt der Linse unter der Nadelspitze B liegt. Indem er das Auge oberhalb B hält, stellt der Beobachter den verschiebbaren Arm so, daß die Nadelspitze und deren Bild zuzammenfallen, was durch Beachtung der Parallaxe gefunden wird. Die Entfernung von B bis zum Mittelpunkt der Linse ist dann die Brennweite f_1 der Linse. Das Experiment wird wiederholt, nachdem auf den Spiegel ein Tropfen der Flüssigkeit gebracht worden ist, der zwischen dem Spiegel und der Linse eine plankonkave Flüssigkeitslinse bildet. Es sei die neue Brennweite f_2, dann folgt die Brennweite f der Flüssigkeitslinse aus $1/f = 1/f_2 - 1/f_1$. Da aber die Brennweite der Flüssigkeitslinse auch gegeben ist durch die Beziehung $1/f = -(n-1)/r$, worin r der Krümmungsradius der Oberfläche der Glaslinse ist, so ist ersichtlich, daß das Brechungsverhältnis n der Flüssigkeit gefunden werden kann, wenn man r kennt. Ist r nicht bekannt, dann kann er gefunden werden, indem man ein Stück Papier zwischen Linse und Spiegel legt, und dann so einstellt, daß die Spitze B zusammenfällt mit dem Bilde von B, das durch die Reflexion an der unteren Fläche der Linse erzeugt wird. Die Strahlen sind jetzt bei dem zweimaligen Durchgang durch die obere Fläche der Linse gebrochen. Ist die neue Entfernung d, dann findet man $n'/r - 1/d = -(n'-1)/r$ oder $r = (2n'-1)d$, worin n' das Brechungsverhältnis des Glases ist, und wo nötig berechnet werden kann. Der Apparat ist in sich selbst vollständig, und drei Ablesungen geben die nötigen Daten.

B

A

Fig. 1.

Diese Methode von Pingriff, wobei in geschickter Weise Gebrauch gemacht worden ist von einer bekannten Methode zur Bestimmung der Brennweite einer Linse, kann m. E. gute Dienste leisten, wenn man für einen gewissen Zweck das Brechungsverhältnis der Flüssigkeit bis ungefähr auf eine Einheit der zweiten Dezimale nötig hat. Aber diese Methode scheint mir auch sehr gut für praktische Übungen geeignet. Darum habe ich sie etwas weiter ausgearbeitet.

Erst ein Paar Bemerkungen: Bei der Beschreibung ist augenscheinlich angenommen, daß die beiden Flächen der Glaslinse gleiche Krümmungsradien haben. Der Wert von f_1 kann gefunden werden aus der Differenz von zwei Ablesungen an einer an dem Stativ angebrachten Teilung. Um die Entfernung vom optischen Mittelpunkt der Linse zu erhalten, kann man auf den Rand der Linse einstellen und die erste Ablesung um den in diesem Fall abgelesenen Betrag vermindern. Da bei der Ableitung der Formeln die Linsendicke vernachlässigt worden ist, kann man bei der Bestimmung von f_2 und d ebenfalls die Entfernung bis zur Mitte der Linsendicke nehmen. Man findet ferner n' aus $1/f_1 = 2(n'-1)r$, so daß die Methode in nachfolgender Weise zusammengefaßt werden kann.

[1]) Nature **26**, Oktober 1911, S. 551.

Man hat

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_2} - \frac{1}{f_1} \quad \ldots \ldots \quad 1)$$

$$\frac{1}{f} = -(n-1)\frac{1}{r} \quad \ldots \ldots \quad 2)$$

$$\frac{1}{f_1} = (n'-1)\frac{2}{r} \quad \ldots \ldots \quad 3)$$

$$r = (2n'-1)\,d \quad \ldots \ldots \quad 4)$$

Mißt man nun f_1, f_2 und d, dann kann man aus 3) und 4) n' und r finden und weiter n aus 1) und 2). Kommt es nur darauf an, n zu finden, so kann man ein für allemal f_1 und d messen und r bestimmen aus 3) und 4); nachher hat man nur die Messung auszuführen mit der zu untersuchenden Flüssigkeit unter der Linse, wodurch man f (aus 1) findet und n (aus 2) berechnen kann.

Für die Ausführung habe ich eine mit einer Glasplatte bedeckte Stellplatte mit Stellschrauben genommen, die mit einer Libelle horizontal gestellt wird. Auf das Stellbrett wird ein eiserner Vertikalmaßstab gestellt mit einer 50 cm langen Millimeterteilung, an der entlang ein Schieber mit Schraube und Marke verschoben werden kann[2]). Weiter habe ich die Experimente in zwei Weisen ausgeführt.

Erste Ausführungsart (Fig. 2). In den Schieber ist eine Messingstange geklemmt, woran statt einer Nadel ein System von zwei parallelen Nähnadeln B und B' befestigt ist, die an einen rechteckig umgebogenen Messingstreifen von 4 mm Breite gelötet sind. Man hat dann als Zeichen für die Einstellung nicht nur die Abwesenheit der Parallaxe, sondern auch die Gleichheit der Entfernungen der Bilder der Nadeln und derjenige der Nadeln selbst. Es ist das beste für die grobe Einstellung dieses letzte Kennzeichen zu verwenden, aber für die genaue Einstellung nur eine der Nadeln und ihr eigenes Bild zu benutzen, (wozu das Stativ ein wenig verschoben werden muß) und auf die Abwesenheit der Parallaxe einzustellen, aber auch darauf achtzugeben, daß mit einer Lupe die Nadel und ihr Bild zu gleicher Zeit scharf gesehen werden. Wahrnehmung mit einer Lupe statt mit dem unbewaffneten Auge ist jedenfalls zu empfehlen, da im letzten Fall das Spiegelbild des Kopfes des Beobachters hinderlich ist.

Fig. 2.

Fig. 3.

Die nötigen Einstellungen, um f_1 und f_2 zu finden, sind in dieser Weise leicht auszuführen. Die Einstellung für die Messung von d geht aber viel weniger gut und wohl deshalb, weil die Reflexion an der unteren Fläche der Glaslinse nur schwach ist. Diese Schwierigkeit kann dadurch

[2]) Dieses Stativ ist durch Vermittlung der Firma P. J. Kipp, J. W. Giltay Nachfolger in Delft bezogen von der Firma Eisenfuhr in Berlin. Man kann sich auch behelfen mit dem Vertikalmaßstab von Weinhold.

aufgehoben werden, daß man bei der Messung von d die Linse auf Quecksilber schwimmen läßt in einem flachen Glasgefäß, das auf das Stellbrett gesetzt ist.

Zweite Ausführungsart. Viel besser aber gelingen die Einstellungen, und die Verwendung von Quecksilber bei der Messung von d wird unnötig, wenn man Gebrauch macht von einem Gaussschen Okular. Ich habe ein solches (Fig. 3) von einem kleinen Spektrometer von Fuess genommen. A ist die Linse davon, B die Glasplatte unter einem Winkel von 45° mit der Achse des Okulars. Dieses Okular wird in ein Messingrohr C geschoben, an dessen Unterende ein Ring DD befestigt ist. Statt Kreuzfäden, welche für den Zweck zu zerbrechlich sind, ist an den Ring DD eine runde Glasplatte geklebt mit zwei zueinander senkrechten feinen Diamantstrichen. An das Röhrchen C ist eine Messingstange E gelötet, welche in den Schieber des Statives geklemmt wird (Fig. 5). Eine stehende Lampe für die Beleuchtung ist hierbei nicht zweckmäßig. Ich habe darum eine kleine elektrische Metallfadenglühlampe von 4 Volt genommen, welche mit dem Okular verbunden ist und damit verschoben wird. Die Glühlampe ist in ein kurzes Röhrchen F geschraubt, das an der Innenseite ein Muttergewinde[3]) hat, und das an einen Träger (Fig. 4) befestigt ist, der um das Okular geklemmt wird. An dem Träger sind zwei Kontaktschrauben G und G' für die Zuleitungsdrähte des Stromes, von denen G' isoliert ist. Von G' geht eine Messingfeder H nach unten, welche an dem zentralen Teile der Glühlampe Kontakt macht. Zwischen der Glühlampe und dem Okular ist ein Messingrohr J angebracht, das an dem Träger verstellbar befestigt ist. Darin befindet sich eine kleine Linse L, deren Entfernung von dem Glühfaden ihrer Brennweite gleich ist. Um die Beleuchtung homogen zu machen, befindet sich vor der Linse die Mattglasplatte K[4]).

Fig. 4.

Fig. 5.

Wie oben gesagt, kann man bei den Messungen die Entfernungen von dem optischen Mittelpunkte der Glaslinse nehmen. Bei der ersten Ausführungsart muß dazu das Nadelsystem erst auf den Rand der Linse eingestellt werden. Bei der zweiten Ausführungsart muß dasselbe geschehen mit der Unterseite der an den Ring DD geklebten Glasplatte mit den Diamantstrichen, und von der Ablesung des Schiebers bei Einstellung auf das Bild der Nadel oder der Diamantstriche muß die Ablesung bei Einstellung auf den Rand der Linse abgezogen werden.

Bei den Messungen mit dem Gaussschen Okular fand ich, daß bei der Einstellung auf die Diamantstriche die Parallaxe nicht immer bei den beiden zueinander

[3]) In das Röhrchen F sind dazu einige Windungen eines Kupferdrahtes gelötet.

[4]) Das Okular mit dem Beleuchtungsapparat kann ungeändert bei dem Spektrometer verwendet werden.

senkrecht stehenden Strichen zu gleicher Zeit verschwand, und es hat sich herausgestellt, daß der Fehler bei dem Spiegelglas zu suchen war. Es ist darum nötig, das Stück Spiegelglas auszuwählen, und nur ein Stück zu verwenden, bei dem die Parallaxe für beide Striche zu gleicher Zeit verschwindet.

Als Beispiel gebe ich einige Messungen nach der Ausführungsart mit dem Nadelsystem. Verwendet wurde eine Glaslinse von 37 mm Durchmesser und 3,2 mm Dicke. Die Messungen sind ausgeführt bei Zimmertemperatur, etwa 20°.

Der Schieber meines Statives, das auch für andere Zwecke dienen soll, hat einen Nonius, womit Zehntelmillimeter abgelesen worden sind. Für den jetzigen Zweck würde eine Marke und Ablesung in halben Millimetern genügen. Alle Einstellungen sind 6 mal gemacht worden. Die 6 angegebenen Werte von f_1, d und f_2 sind erhalten, indem der Mittelwert der Einstellungen auf den Rand der Linse abgezogen ist von den Ablesungen bei Einstellung auf das Bild. Die Mittelwerte von f_1, d und f_2 sind abgerundet auf Millimeter, um den Schein zu vermeiden, daß eine Genauigkeit von $^1/_{10}$ mm erreicht worden sei.

Gefunden wurde für die Glaslinse

$f_1 = 176{,}6,\ 176{,}3,\ 176{,}8,\ 176{,}7,\ 177{,}0,\ 177{,}3$
Mittelwert 176,6, abgerundet 177 mm;

$d = 89{,}8,\ 89{,}4,\ 90{,}0,\ 90{,}0,\ 89{,}6,\ 90{,}2,$
Mittelwert 89,8, abgerundet 90 mm.

Aus den Formeln 3) und 4) finden wir

$$r = \frac{d f_1}{f_1 - d} = 183 \text{ mm}$$

$$n' = \frac{2 f_1 - d}{2(f_1 - d)} = 1 + \frac{d}{2(f_1 - d)} = 1{,}52.$$

Weiter wurden die Brechungsindizes bestimmt von destilliertem Wasser, von Benzol, und als Beispiel einer Flüssigkeit, welche nur in kleiner Menge vorrätig ist, wurde die wäßrige Feuchtigkeit eines Rinderauges genommen.

Wasser: $f_2 = 260{,}1,\ 260{,}0,\ 260{,}4,\ 259{,}8,\ 260{,}0,\ 260{,}6$
Mittelwert 260,15, abgerundet 260 mm.

Hiermit findet man nach Formel 1)

$$f = \frac{f_1 f_2}{f_1 - f_2} = \frac{177 \times 260}{177 - 260} = -554 \text{ mm},$$

und dann folgt aus 2)

$$n = 1 - \frac{r}{f} = 1 + \frac{183}{554} = 1{,}33.$$

Benzol: $f_2 = 340{,}0,\ 341{,}0,\ 340{,}3,\ 339{,}9,\ 339{,}2,\ 340{,}6$
Mittelwert 340,2, abgerundet 340 mm,

womit man erhält

$$f = -369 \text{ mm}, \quad n = 1{,}50.$$

Wäßrige Feuchtigkeit eines Rinderauges: $f_2 = 260{,}5,\ 260{,}4,\ 260{,}5,\ 260{,}2,\ 260{,}4,\ 260{,}1$
Mittelwert 260,35, abgerundet 260 mm,

so daß für das Brechungsverhältnis dieser Flüssigkeit derselbe Wert gefunden ist wie bei Wasser.

Stereoskopische Projektion im Unterrichte.

Von
Hans Wilk in Mähr.-Schönberg.

Wohl jede Mittelschule und auch sehr viele niedere Schulen besitzen heutzutage ein Skioptikon, das zur Vorführung photographischer Glasbilder nahezu in allen Unterrichtsgegenständen verwendet werden kann und dadurch zu einem unentbehrlichen Hilfsmittel des modernen Unterrichtsbetriebes geworden ist. Ferner findet sich in der physikalischen Lehrmittelsammlung auch ein Stereoskop oder sogar deren zwei von verschiedener Art, die, wenn es gut geht, mit einem Stereobilde versehen, einmal im Jahre die Runde unter den Schülern der Klasse machen, damit ihnen die Möglichkeit einer plastischen und deshalb allein richtig wirkenden Abbildung von Gegenständen vor Augen geführt werde. Damit und allenfalls noch mit einem Hinweise auf das Kaiserpanorama ist das Stereoskop im Unterrichte abgetan. Und doch würde es gerade wegen seiner Fähigkeit, die Gegenstände auch im Bilde plastisch zu zeigen, ein unschätzbares Hilfsmittel für den Anschauungsunterricht bieten, wenn es im Verein mit dem Skioptikon auch für große Projektionsbilder verwendbar wäre. In der gewöhnlichen Form des Brewsterschen Stereoskopes hat es aber den Nachteil, daß es ausschließlich für die subjektive Betrachtung kleiner Bilder geeignet ist.

Es hat daher nicht an Versuchen gefehlt, eine Konstruktion ausfindig zu machen, die es ermöglichen soll, auch bei der Betrachtung von Projektionsbildern den richtigen plastischen Eindruck zu gewinnen. Unter den verschiedenen mehr oder minder geistreichen, zum Teil recht komplizierten Methoden, die in dieser Hinsicht ausgedacht worden sind, können mit Rücksicht auf die Art des Zustandekommens eines plastischen Eindruckes[1]) nur jene zu einem vollständig befriedigenden Erfolge führen, die darauf ausgehen, jedes Auge für sich nur auf eines der beiden stereoskopischen Teilbilder blicken und die Bilder in der Vorstellung zusammenfallen zu lassen. Nur in ganz besonderen Fällen ist die plastische Wirkung auch durch eine entsprechende Ausnützung optischer Täuschungen bei der Betrachtung eines mit beiden Augen gleichzeitig gesehenen Einzelbildes von besonderer Eigentümlichkeit bis zu einem gewissen Grade erzielbar (Kinoplastikum[2]). Eine mehrjährige Beschäftigung mit diesem Probleme, angeregt durch die Unzufriedenheit mit dem Mangel der Plastik bei Kinovorführungen, hat mich nun zur Konstruktion eines Stereoskopes geführt, dem ich wegen seiner allseitigen Verwendbarkeit den Namen „Pantostereoskop" beigelegt habe. Eine eingehende Beschreibung und theoretische Erklärung dieses Apparates behalte ich mir für einen allgemeiner gehaltenen Aufsatz vor[3]); hier will ich bloß eine vereinfachte, ausschließlich zur Betrachtung von unvertauschten[4]) Stereobildern großen Formates (Projektionsbilder) bestimmte Ausführung dieses Apparates (Projektionsstereoskop) angeben, weil er in dieser Gestalt mit ganz geringen Mitteln z. B. in den Handfertigkeitsübungen von den Schülern selbst in der nötigen Anzahl hergestellt werden kann[5]). Seine Einfachheit verdankt der Apparat dem Abgehen von dem bisher aus bloßer Gewohnheit festgehaltenen Grundsatze, daß der Strahlengang für beide Augen symmetrisch

[1]) Siehe C. Pulfrich, Stereoskopisches Sehen und Messen. Jena, Gustav Fischer, 1911.

[2]) Für die aufzunehmenden Szenen ist ein vollständig schwarzer Hintergrund nötig, der im projizierten Bilde vollständig verschwindet.

[3]) Im Jahresberichte 1913 des k. k. Kaiser Franz Joseph-Staatsgymnasiums in Mähr.-Schönberg.

[4]) Für das gewöhnliche (Brewstersche) Stereoskop müssen die Bilder bekanntlich durch Zerschneiden des Negatives und Kopieren der Teilbilder in vertauschter Stellung hergestellt werden.

[5]) Das gleiche Prinzip für denselben Zweck habe ich kürzlich auch in der französischen Patentschrift Nr. 336039 aus dem Jahre 1903 entdeckt. Der Patentinhaber Bellieni scheint aber die Sache nicht weiter ausgebaut zu haben.

oder besser gesagt gleichartig (in bezug auf die Weglänge und den mit der Bildfläche gebildeten Winkel) sein soll. Dies ist, wie ich weiter unten zeigen werde, gar nicht nötig, und das Ganze erinnert so ziemlich an die Geschichte vom Ei des Kolumbus.

Der Apparat besteht im wesentlichen aus zwei kleinen ebenen Spiegeln, von denen der eine fest, der andere um eine senkrechte Achse drehbar ist. Diese beiden Spiegel werden so vor das eine Auge (A_1) gebracht, daß die von dem einen Teilbilde kommenden Strahlen zuerst am beweglichen, dann am festen Spiegel zurückgeworfen werden und hierauf ins Auge gelangen. Das zweite Auge (A_2) dagegen sieht direkt ohne jeden optischen Apparat auf das zweite Teilbild. Durch Drehung des beweglichen Spiegels wird das darin sichtbare Bild mit dem direkt beobachteten ohne jede Anstrengung der Augen zur Deckung gebracht, wodurch sofort die vollkommenste Plastik des Bildes erreicht wird. Die Beweglichkeit des Spiegels ermöglicht es, die Bilder übers Kreuz anzusehen, so daß das rechte Auge auf das linke Teilbild, das linke Auge dagegen auf das rechte Teilbild blickt. Dieser Umstand ist von ganz besonderer Bedeutung, denn dadurch wird bei der Herstellung des Stereodiapositives ein Vertauschen der Teilbilder ganz überflüssig, und diese Herstellung daher ebenso einfach wie die eines gewöhnlichen Diapositives. Durch Blenden, die an geeigneten Stellen angebracht sind, werden beide Gesichtsfelder so eingeengt, daß jedes Auge nur das eine zu betrachtende Teilbild sieht.

Fig. 1.

Fig. 2.

Der Apparat wird in folgender Weise hergestellt:

Man baut aus Zigarrenkistenholz ein Kästchen, dessen Grundkanten außen 13 und 7 cm lang sind; die Höhe muß innen 2,6 cm sein. Die Vorderwand enthält die beiden ungleich großen Augenöffnungen von je 1 cm Höhe und 1,5 bzw. 2 cm Breite. Die größere Öffnung ist vom seitlichen Rand 0,8 cm weit entfernt, die kleinere dagegen vom andern Seitenrand 4,2 cm, so daß zwischen beiden Öffnungen ein 4,5 cm breiter Zwischenraum bleibt. Dieser Teil der Vorderwand ist mit Rücksicht auf den dort beim Gebrauche anliegenden Nasenrücken zylindrisch bis auf etwa 1 cm Tiefe eingebogen und wird aus Blech oder Karton hergestellt. Am äußeren Seitenrande der kleinen Augenöffnung wird senkrecht nach innen ein 1 cm breites Brettchen *B* als Blende angeleimt. — Die Rückwand erhält zwei Öffnungen über die ganze Höhe, die je 3,9 cm breit und von den Seitenrändern 2 cm entfernt sind, so daß zwischen ihnen ein 1,2 cm breites Stück der Rückwand stehen bleibt. — Der Innenraum wird durch eine Querwand in der Mitte geteilt; der Teil hinter der größeren Augenöffnung bleibt leer, der andere dient zur Aufnahme der beiden Spiegel. Diese sind je 2,5 cm hoch und 3 bzw. 4 cm lang und werden auf Brettchen von gleicher Größe geleimt. Das größere Brettchen erhält in der Mitte knapp hinter der Spiegelfläche eine Drehungsachse parallel zum kurzen Spiegelrande. Am einfachsten ist es, durch Boden und Deckel des Gehäuses an der vorher genau angemerkten Stelle je eine Stecknadel in das Spiegelbrettchen zu stecken, das vorher schon mit entsprechenden feinen Löchern an der richtigen Stelle versehen wird. Außerdem befestigt man an der Rückseite

des Brettchens noch einen etwa 0,4 cm breiten Blechstreifen, der am untern Rande des Brettchens rechtwinklig umgebogen wird und 3,7 cm weit wegsteht. Der wagrecht verlaufende Teil schließt mit der wagrechten Grundkante des Brettchens einen Winkel von etwa 50° ein und reicht aus dem Innern durch einen Schlitz von 2 cm Länge am Grunde der Seitenwand heraus. Der Schlitz beginnt 1,3 cm vom Vorderrande der Seitenwand entfernt und ist so eng, daß sich das Blech mit leichter Reibung verschieben läßt. Die Drehungsachse hat von der Außenseite der Vorderwand den Abstand 2,7 cm, von der Außenseite der Seitenwand 1,8 cm. Der feste Spiegel wird hinter der kleinen Augenöffnung so festgeleimt, daß sein Vorderrand von den Außenseiten der Vorder- bzw. Seitenwand die Abstände 0,8 und 6 0 cm, sein hinterer Rand dagegen 2,7 und 3,7 cm hat. Man paßt zuerst den beweglichen Spiegel ein, hierauf wird der feste Spiegel an seine vorher mit Bleistift angemerkte Stelle geschoben und mit Hilfe irgendeines stereoskopischen Bildes in die richtige Lage gebracht, indem man durch den Apparat auf das in einiger Entfernung aufgestellte Bild blickt und dem Spiegel diejenige Stellung erteilt, bei der die horizontalen Ränder der Teilbilder zusammenfallen und auch bei Drehung des beweglichen Spiegels ihre Richtung nicht ändern. — Schließlich werden noch 4 Blenden angebracht. Die äußeren Blenden B_1 und B_2 sind je 3 cm hoch und ebenso breit und werden aus dünnem Blech ausgeschnitten. Dabei läßt man auf einer Seite in der Mitte einen kleinen Fortsatz stehen, der rechtwinklig umgebogen wird und beim Verschieben als Handhabe dient. Die Führungsrinnen für diese Blenden erhält man, indem man längs der ganzen oberen und unteren Kante auf dem Boden und dem Deckel des Gehäuses je einen Blechstreifen befestigt, dessen 3 mm weit vorstehender Rand um die Kante umgebogen wird, so daß die hineingesteckten Blenden mit leichter Reibung verschoben werden können. Die inneren Blenden B_3 und B_4 werden nahezu 2,6 cm hoch und 4,5 bzw. 5,5 cm lang gemacht. An dem einen Ende läßt man nach oben und unten noch einen schmalen Fortsatz von 2—3 mm Länge daran, mit denen die Blenden in die oben erwähnten Führungsrinnen gesteckt werden. Die andere Seite kommt zwischen die beiden Teile eines 2,5 cm hohen, 7 cm langen und in der Mitte zusammengebogenen Blechstreifens. Die Biegungstelle wird um eine Nadel zusammengedrückt und erhält diese Nadel als Drehungsachse. Die eine Drehungsachse für die kürzere Blende wird hinter dem festen Spiegel angebracht, die zweite hinter der Einbiegung der Vorderwand. — Alle Metall- und Holzflächen im Innern sind zu schwärzen und müssen vollkommen matt sein.

Die Handhabung des Projektionsstereoskopes ist ungemein einfach. Man hält es so an die Augen, daß das frei hindurchblickende Auge das dem andern Auge gegenüberliegende Teilbild sieht, und dreht nun den Spiegel, bis das zweite darin zum Vorschein kommende Teilbild sich mit dem direkt gesehenen deckt. Dann werden die Blenden so weit vorgeschoben, bis nur mehr die zu betrachtenden Teilbilder sichtbar sind. — Zu bemerken wäre noch, daß auch direkt kopierte (unvertauschte) Papier-Stereobilder in allen üblichen Formaten schon in einer Entfernung von etwa 30 cm vom Auge mit diesem Apparate betrachtet werden können.

Die Stereodiapositive erhält man am einfachsten durch direktes Abphotographieren der Stereonegative mittels eines einfachen Photographenapparates unter Verwendung von Diapositivplatten. Die Bildgröße wähle man etwa 3×6 bis 4×8 cm. Da infolge der plastischen Wirkung auch schon bei einem kleinen Formate alle Einzelheiten des Bildes ins Auge fallen, die bei einem flachen Bilde großen Formates noch zum großen Teile übersehen werden, so reicht man bei der Vorführung stereoskopischer Projektionsbilder schon mit verhältnismäßig kleinen Formaten aus. Für Vorführungen in der Schule wird im allgemeinen eine Bildhöhe von 60—80 cm vollständig ausreichen. Bei dieser Beschränkung der Bildgröße erreicht man den Vorteil, daß die Sitze der Schüler bis in ziemliche Nähe der Projektionsleinwand heranreichen

können, ohne daß der Gesichtswinkel eine für die Beobachtung ungünstige Größe erreicht. In einer Entfernung von der Bildwand, die der dreifachen Breite eines Teilbildes gleich ist, ist bereits eine vollständige Klarheit des plastischen Bildes vorhanden, ja man kann nahezu bis in die doppelte Teilbildbreite heranrücken, ehe die Größe des Gesichtswinkels störend zu wirken beginnt.

Für Anstalten, die über einen kinematographischen Apparat verfügen, ist in derselben Weise auch die Vorführung stereoskopischer Kinoaufnahmen möglich. Die Aufnahmen werden in der gewöhnlichen Weise mit dem Unterschiede ausgeführt, daß statt des einen Objektives zwei identische Stereoobjektive in der üblichen oder nach Bedarf auch in größerer oder kleinerer Entfernung voneinander verwendet werden; hinter diese beiden Objektive kommen zwei Paare paralleler Spiegel oder noch besser totalreflektierender Prismen, wodurch die beiden kleinen Teilbilder unmittelbar nebeneinander auf den vorbeigleitenden Film gelangen. Man erhält so bei dem gewöhnlichen Filmformate die Stereobilder in Hochformat; will man das quadratische Format erhalten, so ist entweder die Bildhöhe zu verkleinern oder die Filmbreite zu vergrößern; beides bietet vom technischen Standpunkte aus keinerlei Schwierigkeiten.

Schließlich noch ein Wort bezüglich des unsymmetrischen Strahlenganges. Geht man von einem Paare identischer Punkte der beiden Teilbilder einer stereoskopischen Aufnahme aus, so liegt ein zweites Paar identischer Punkte nicht mehr vollkommen gleichartig zu dem ersten Paare, sondern es zeigt sich eine kleine Verschiedenheit der seitlichen Entfernung. Dadurch wird also der Abstand der Punkte des zweiten Paares voneinander größer oder kleiner als der des ersten. Im plastischen Bilde liegt im ersten Falle der zweite Punkt weiter rückwärts als der erste, im zweiten Falle dagegen vor dem ersten Punkt. In bezug auf das erste identische Punktepaar erscheinen also die Lagen der übrigen identischen Punktepaare nicht gleichartig, sondern untereinander verschieden; aber diese Verschiedenheiten sind ganz gesetzmäßig und haben ihre Begründung in der gegenseitigen Tiefenlage der abgebildeten Raumpunkte. Lassen wir nun das eine Teilbild in seiner Lage und drehen das zweite ein wenig, so daß seine Ebene mit der des ersten einen kleinen Winkel bildet (bis gegen 30°), so tritt für alle identischen Punktepaare eine Verkürzung ihres gegenseitigen Abstandes ein; infolgedessen wird die gesetzmäßige Änderung der Lage aller identischen Punktepaare in bezug auf das erste Paar nicht geändert, und im plastischen Bilde erscheint daher die Tiefenanordnung der einzelnen Raumpunkte ebenso wie vor der Drehung. Eine kleine Änderung erfährt das plastische Bild allerdings, wenn sie auch dem Beobachter mangels eines Vergleiches sowie wegen ihrer Geringfügigkeit gar nicht zum Bewußtsein kommt: die Verkürzung der Abstände der identischen Punktepaare bei der Drehung des einen Teilbildes ist diesen Abständen nicht proportional, sondern für alle in einer senkrechten Geraden des Teilbildes liegenden Punkte gleich groß; für die der Drehungsachse zunächstliegenden Punkte des gedrehten Teilbildes ist sie am kleinsten, für die am entgegengesetzten Ende befindlichen am größten. Daher wird im plastischen Bilde die Gesamttiefe des Raumes für die am stärksten gedrehten Teile des Bildes geringer als für die Punkte der anderen Seite des Bildes. Dieser Unterschied kommt aber, wie die Beobachtung zeigt, gar nicht zur Geltung. Ein Ausgleich dieses — ich möchte sagen rein theoretischen — Unterschiedes der Bildtiefe kommt übrigens dann zustande, wenn beide Bilder gleich stark um eine zwischen ihnen liegende Achse zurückgedreht werden. Die Betrachtung eines stereoskopischen Bildes mit dem oben beschriebenen Projektionsstereoskope deckt sich nun vollständig mit der eben besprochenen Betrachtung eines Stereobildes mit einem oder beiden gedrehten Teilbildern, und die Richtigkeit dieser Überlegungen wird durch die ausgezeichnete Plastik der damit erhaltenen Bilder vollkommen bestätigt.

Da es vorläufig noch sehr wenige Stereophotographen gibt, so wäre es im Interesse der Sache von Vorteil, wenn die einzelnen großen Unternehmungen, welche Stereobilder herstellen, zum Zwecke der Projektion auch Stereodiapositive — natürlich unvertauschte — für Schulen in ähnlicher Weise herstellen würden, wie dies für einfache Diapositive schon von vielen Seiten geschieht. Speziell die Herren Kollegen in Berlin könnten in dieser Hinsicht mit dem Stereoverlag Fuhrmann in Berlin, Passage, in Fühlung treten, der ja alle Kaiserpanoramen mit Stereobildern versorgt.

Über Schreibstimmgabel, Schreibpendel und Schreibsaite.

Von

W. Büchel in Hamburg.

Die graphischen Methoden zur Bestimmung der Schwingungszahl einer Stimmgabel kommen noch nicht überall so ausgiebig zur Verwendung, wie sie es verdienen, wohl deswegen nicht, weil die bekannteren graphischen Bestimmungsmethoden reichlich umständlich sind. Man vergleiche z. B. Müller-Pouillets Lehrbuch der Physik, 9. Aufl., Bd. I, S. 724 ff., oder auch Noack, Aufgaben für physikalische Schülerübungen, S. 36.

1. Eine recht rohe, aber dafür sehr durchsichtige und einfache Methode ist die, daß man versucht, nach dem Schlag eines Metronoms eine Stimmgabel mit Schreibspitze eine Sekunde lang über eine passende Schreibfläche zu führen. Bei einiger Übung erhält man bessere Resultate, als zunächst zu erwarten ist.

Eine tadellose Schreibfläche erhält man bekanntlich durch Berußen, und in manchen Fällen ist die so hergestellte Fläche auch die beste, z. B. bei der Untersuchung des freien Falls mit der Schreibstimmgabel. Sehr lästig ist aber der entstehende Qualm. Dieser Übelstand hat Grimsehl dazu geführt, die Glasplatte mit Petroleum ganz dünn zu bestreichen und dann die schräg gehaltene Platte mit Mehl zu bestreuen. Dadurch bekommt sie einen sehr hübschen, gleichmäßigen Überzug, in dem jede Schreibspitze gut schreibt. Ob man nun Ruß oder Mehl anwendet, jedenfalls empfiehlt es sich, wenn die Kurve fertiggestellt ist, mit einem Zerstäuber etwas Fixativ darüber zu blasen, um die Platte dauerhaft zu machen. Kräftige Schreibspitzen schreiben auch wunderhübsche, exakte Kurven auf eine Glasplatte, die mit Zinkweiß unter Zuhilfenahme von wenig Wasser bestrichen ist.

Fig. 1.

2. Eine zweite Versuchsanordnung ist die folgende (siehe Fig. 1), und sie liefert sehr sichere Resultate. Auf die Achse der senkrecht am Tisch festgeklemmten Schwungmaschine wird eine Holzscheibe von ca. 10 cm Radius und 3—4 cm Dicke aufgesetzt. Man kann sich auch mit einer schwarz lackierten Bohnerwachsdose behelfen. Der Mantel der Scheibe wird mit einem Mehlüberzug versehen. Eine Schreibstimmgabel c_1 wird dicht davor an einem ebenfalls am Tisch festgeklemmten Stativ in einer Bunsenklemme befestigt, so daß die Spitze die Schreibfläche eben noch nicht berührt. Nun setzt man mit Hilfe eines Elektromotors die Scheibe in gleichmäßige Umdrehungen

und drückt die Stimmgabel eine ganz kurze Zeit, kürzer als die Umdrehungsdauer der Scheibe, gegen die Schreibfläche. Die Stativstange gibt soviel nach. Wenn man eine Marke am Rande der Scheibe angebracht hat, läßt sich die Umdrehungsdauer der Scheibe leicht mit der Sekundenuhr bestimmen. Bei einem Versuch wurden 50 Umdrehungen in 17 Sek. gemacht, also in 1 Sek. $\frac{50}{17}$ Umdrehungen. 29 Wellen hatten dabei eine Länge von 20 cm, also kam auf 1 cm $\frac{20}{29}$ Welle. Der Umfang der Scheibe betrug 62,5 cm; daher macht die Stimmgabel in 1 Sek. $62{,}5 \cdot \frac{20}{29} \cdot \frac{50}{17} =$ 127 Schwingungen.

3. Noch empfehlenswerter ist es, einen Gedanken zu verwenden, der von Hahn in seinem Handbuch für Schülerübungen benutzt ist. Hahn läßt gleichzeitig mit der Schreibstimmgabel ein Schreibpendel schwingen über derselben Schreibfläche. Ich beschreibe den Apparat in der Form, wie ich ihn abgeändert habe. (Siehe Fig. 2.) Eine Glasplatte von ca. 40 × 21 cm ist auf einem ca. $1\frac{1}{2}$ cm starken Brett mit einigen Schrauben befestigt. Das Brett läßt sich auf einem zweiten Brett zwischen 2 Führungsleisten leicht verschieben. Über der Glasplatte ist an einem einfachen Röhrenstativ, das unmittelbar auf der einen Führungsleiste angebracht ist, ein Schreibpendel aufgehängt. Das Pendel besteht aus einer kurzen Messingröhre, um die ein ca. 300 g schwerer Bleizylinder gegossen ist. Eine kräftige Nähnadel dient als Achse. Die Schreibvorrichtung ist derjenigen nachgebildet, die Grimsehl bei seinem Apparat zur Zusammensetzung zweier aufeinander senkrecht stehender Pendelschwingungen benutzt. (Grimsehl, Lehrbuch der Physik, 2. Aufl., S. 78.) An die Messingröhre ist unten seitlich noch ein kleines Stück Messingrohr angelötet, das oben und unten durch ein in der Mitte durchbohrtes Messingscheibchen verschlossen ist. Durch die beiden Öffnungen ist eine feine Nadel gesteckt, die sich auf diese Weise leicht auf und ab bewegen kann und auch bei schwingendem Pendel stets die Schreibfläche berührt. Damit die Nadel nicht herausfallen kann, ist in die Öse ein kleines Stückchen Draht geklemmt. (Siehe Fig. 3.)

Fig. 2.

Fig. 3.

Die Schreibstimmgabel ist in einem gewöhnlichen Bunsenstativ so eingeklemmt, daß ihre Spitze in der Entfernung von einigen Zentimetern seitlich neben der Nadel des Pendels auf der Schreibfläche steht. Um die Stimmgabel zu erregen, wird das Bunsenstativ etwas hochgekippt und die Gabel mit einem weichen Hammer angeschlagen. Sofort nach dem Niederstellen setzt man das Pendel in Schwingungen und zieht die Glasplatte heraus. Die beiden Kurven, die man erhält, zeigt Fig. 4. Auf $\frac{1}{2}$ Schwingung des Pendels kommen 37 Schwingungen der Stimmgabel. Da das Pendel eine Schwingungsdauer von 0,58 Sek. hat, erhält man 127,6 Schwingungen für die Stimmgabel.

Mit dem Apparat in Fig. 2 kann man auch die Schwingungen einer Schreibsaite untersuchen. Ich habe über die ganze Länge des Experimentiertisches eine

Messingsaite ausgespannt, auf der in ein Viertel der ganzen Länge vom einen Ende eine einfache Schreibspitze aus Messingblech aufgelötet war. Nach verschiedener Erregung der Saite erhält man durch Ausziehen der unter die Spitze gestellten Glasplatte verschiedene zusammengesetzte Schwingungen, entsprechend den verschiedenen Obertönen. Läßt man das Pendel mitschwingen, so kann die Schwingungszahl der Saite festgestellt werden. Läßt man nur die halbe Saite schwingen, so zeigt die Kurve die doppelte Anzahl von Wellen.

Fig. 4.

Schreibpendelkörper der beschriebenen Art kann man auch zu dem von W. Volkmann im 3. Heft des vorigen Jahrgangs (S. 157) beschriebenen Versuch mit den gekoppelten Pendeln statt der Bleikugeln benutzen. Dann erhält man die Lissajouschen Kurven, in dem von Volkmann angegebenen Fall, sehr hübsch aufgezeichnet. Daß man bei unsymmetrischen Anordnungen Störungen bekommt, liegt nicht an einem Mitschwingen des Stativs, wie Volkmann vermutet. Man muß die Zugwirkungen, die die Pendel aufeinander ausüben, nach den Achsen eines räumlichen Koordinatensystems zerlegen. Dann ist zu sehen, daß seitliche Komponenten bei symmetrischen Anordnungen sich vernichten, bei unsymmetrischen aber ihren störenden Einfluß geltend machen. Vielseitiger ist deshalb die Anordnung von Grimsehl zur Zusammensetzung von zwei aufeinander senkrecht stehenden Pendelschwingungen, die bereits erwähnt wurde[1]).

Kleine Mitteilungen.

Ein Schülerübungsversuch über den freien Fall.

Von Dr. F. Niemöller in Emden.

Der folgende Versuch eignet sich besonders gut zu einer Schülerübung. Man bedient sich dazu eines leichten ungleicharmigen zweiseitigen Hebels AOB (Fig. 1 zeigt ihn von oben, Fig. 2 von der Seite gesehen), der wie ein Wagebalken nur Bewegungen in senkrechter Ebene zuläßt. Am Ende A des längeren Arms wird zwischen 2 Stiften das Gewicht G angehängt, dessen Fallbewegung untersucht werden soll.

Fig. 1.

Fig. 2.

Es ist klar, daß jeder Punkt P des kürzeren Arms beim Fallen von G einen Kreisbogen beschreibt, der so viel mal kleiner ist als der von G beschriebene, als OP in OA enthalten ist; nach demselben Verhältnis sind auch die von G in gleichen Zeiten zurückgelegten Fallräume verkleinert. Beschränkt man sich auf kleine Fallhöhen und wählt G so groß, daß das Gewicht des Hebels dagegen vernachlässigt werden kann, so darf man annehmen, daß die Bewegung von G nach den Gesetzen des freien Falls erfolgt. Ein Bild von der Bewegung des Punktes P erhält man in Gestalt

[1]) Die beschriebenen Apparate können von A. Krüss, Hamburg bezogen werden.

einer Wellenlinie, wenn man am kurzen Arm in senkrechter Lage eine berußte Glasplatte befestigt und während der Fallbewegung die Spitze einer Schreibstimmgabel dagegen hält.

Der zuletzt benutzte Hebel war aus Fichtenholz und wog etwa 100 g, die Dimensionen des Arms OA waren 1,5 cm × 0,9 cm × 83 cm, die des Arms OB 2,5 cm × 0,9 cm × 22 cm. Die Glasplatte C wurde unter zwei Korkscheibchen geschoben, die mit Holzschrauben befestigt waren. Um bei O eine längere Bohrung und damit eine sichere Bewegung der Leiste zu erhalten, waren auf beiden Seiten Klötzchen aus Eichenholz angeleimt. Das Gewicht G wog 5 kg. Die Bedeutung der Stütze S braucht wohl nicht erklärt zu werden. Man kann, wie leicht ersichtlich, mehrere Versuche ausführen, ohne die Platte zu wechseln.

Fig. 3.

Es erübrigt noch, an einem Beispiel zu zeigen, wie man die Beobachtungen zur Berechnung von g benutzt. In Fig. 3 sind die Strecken $12 = a$, $23 = b$ usw. die Wege, die von der Spitze der Stimmgabel in je $^1/_{32}$ Sekunde beschrieben wurden. (Die Stimmgabel machte 128 Schwingungen in der Sekunde, die einzelnen Strecken sind = 4 Wellenlängen.) Auf der Strecke 01 konnten die Wellen nicht mehr unterschieden werden. Die Messung ergab in Millimetern $a = 4$, $b = 6$, $c = 9$, $d = 11{,}5$, $e = 13$, $f = 15$. Die Zahlen bilden nahezu eine arithmetische Reihe, man hat es also mit einer gleichmäßig beschleunigten Bewegung zu tun. Die Beschleunigung sei $= \gamma$. Ist die Zeit, die zu dem Wege $0\,1$ gebraucht wird, $= x$ Sek., so wird zu dem Wege $0\,4$ die Zeit $x + \frac{3}{32}$, und zu $0\,7$ die Zeit $\left(x + \frac{6}{32}\right)$ Sek. gebraucht. Da der Weg $1\,4 = 19$ mm und der Weg $4\,7 = 39{,}5$ mm ist, so erhält man die Gleichungen

$$\frac{\gamma}{2}\left(x + \frac{3}{32}\right)^2 - \frac{\gamma}{2}x^2 = 19$$

und

$$\frac{\gamma}{2}\left(x + \frac{6}{32}\right)^2 - \frac{\gamma}{2}\left(x + \frac{3}{32}\right)^2 = 39{,}5\,.$$

Hieraus

$$\gamma = \frac{41\,.\,32^2}{18}\ \text{mm} \qquad \text{und} \qquad x = \frac{105}{41\,.\,64}\ \text{Sek.}$$

Mit Hilfe dieser Werte sind die einzelnen Fallräume berechnet. Man erhält folgende Zusammenstellung, die eine recht befriedigende Übereinstimmung zwischen Beobachtung und Berechnung zeigt:

Fallräume	a	b	c	d	e	f
Beobachtet	4	6	9	11,5	13	15
Berechnet	4,1	6,3	8,6	10,9	13,2	15,4
Nach der Methode der kleinsten Quadrate berechnet[1])	4,1	6,4	8,6	10.9	13,1	15,4

Die Beschleunigung der Schwere g ist $\frac{81{,}6}{19{,}4}$ mal so groß als γ, da die Schreibspitze 19,4 cm und das Gewicht G 81,6 cm von O entfernt war. Man findet $g = 9{,}8$ m. (Aus dem nach der Methode der kleinsten Quadrate gefundenen Wert für δ findet man $g = \delta\,.\,32^2$ mm $= 9{,}7$ m.) Die für g aus mehreren Versuchen ermittelten Werte lagen zwischen 9,3 m und 10,6 m.

---

[1]) Nach dieser Methode muß sein

$$(y - 4)^2 + (y + \delta - 6)^2 + (y + 2\,\delta - 9)^2 + \ldots = \text{Min.}$$

Gleichgewicht bei der Zentrifugalwage.

Von Dr. **Meinecke** in Stettin.

In dieser Zeitschrift *XXIV, 288* beschreibt Herr E. Kolig eine einfache Zentrifugalwage. In einem Rahmen, der auf die Zentrifugalmaschine gesetzt wird, hängen die Massen m_1 und m_2 in den Abständen r_1 und r_2 an l cm langen Fäden. Die Massen sind mit einem Zeiger in der Mitte verbunden (Fig. 1). Bei geeigneter Wahl, z. B. $m_1 = 2$; $m_2 = 1$; $r_1 = 1$; $r_2 = 2$, müßte dieser Zeiger in der Mitte stehen bleiben, weil ja dann die Zentrifugalkräfte $m_1 r_1 \omega^2$ und $m_2 r_2 \omega^2$ einander gleich werden. Der Versuch lehrt indes, daß der Zeiger nicht um die offenbar vorhandene Gleichgewichtslage pendelt, sondern nach einer Seite ausschlägt.

Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

Analytisch läßt sich dies folgendermaßen zeigen.

Wächst r_1 um x, so ist die Zentrifugalkraft $m_1 (r_1 + x) \omega^2$; an dem Hebelarm l greift also die Komponente $m_1 (r_1 + l \sin \alpha) \omega^2 \cos \alpha$ an (Fig. 2). Ihr entgegen wirkt die Komponente der Masse m_1 mit der Kraft $m_1 g \sin \alpha$. Der Zeiger wird also rechts gedreht mit der Kraft

$$K_r = m_1 (r_1 + l \sin \alpha) \omega^2 \cos \alpha - m_1 g \sin \alpha.$$

Auf der anderen Seite aber nimmt r_2 um x ab. Die Komponente der Zentrifugalkraft $m_2 (r_2 - l \sin \alpha) \omega^2 \cos \alpha$ und die des Gewichtes $m_2 g \sin \alpha$ wirken jetzt im gleichen Sinne (Fig. 3):

$$K_l = m_2 (r_2 - l \sin \alpha) \omega^2 \cos \alpha + m_2 g \sin \alpha.$$

Der Zeiger wird also mit

$$D = K_r - K_l$$

aus der Gleichgewichtslage gezogen, und es wird:

$$\begin{aligned} D = {} & m_1 r_1 \omega^2 \cos \alpha + m_1 l \omega^2 \sin \alpha \cos \alpha - m_1 g \sin \alpha \\ & - m_2 r_2 \omega^2 \cos \alpha + m_2 l \omega^2 \sin \alpha \cos \alpha - m_2 g \sin \alpha \end{aligned}$$

$$D = (m_1 r_1 - m_2 r_2) \omega^2 \cos \alpha + (m_1 + m_2) \sin \alpha (l \omega^2 \cos \alpha - g).$$

Da die Massen und Abstände so gewählt sind, daß ihre Zentrifugalkräfte gleich sind, so wird

$$m_1 r_1 - m_2 r_2 = o$$

und

$$D = (m_1 + m_2) \sin \alpha (l \omega^2 \cos \alpha - g)$$

Bei einer gewöhnlichen Wage ist $\omega = 0$, daher

$$D = -(m_1 + m_2) g \sin \alpha$$

negativ, d. h. der Zeiger wird in die Gleichgewichtslage zurückgetrieben, es pendelt die Wage um den Nullpunkt, sie befindet sich also im stabilen Gleichgewicht.

Bei der Zentrifugalwage wird D nur negativ, wenn

$$l\,\omega^2 \cos\alpha < g.$$

Für kleine α ist $\cos\alpha = 1$ zu setzen. Bedeutet ferner n die Zahl der Umdrehungen per Sekunde, so ist $\omega = 2\pi n$, und es wird

$$n < \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{l}}.$$

Für $l = 15$ cm ergibt sich z. B.

$$n < 1{,}28.$$

Der Zeiger der Zentrifugalwage pendelt also nur dann um eine stabile Gleichgewichtslage, wenn höchstens 1,28 Umdrehungen in der Sekunde stattfinden. Für die üblichen hohen Umdrehungszahlen der Zentrifugalmaschine ist demnach die Zentrifugalwage im labilen Gleichgewicht, d. h. unbrauchbar.

Wie mir Herr Kolig mitteilt, wird das Gleichgewicht wieder stabil, wenn man die Masse m_2 durch eine Spiralfeder ersetzt und durch deren Zugkraft nun indirekt die Zentrifugalkräfte mißt.

Versuche mit einfachen Mitteln.

Eine einfache Zusammenstellung zur Demonstration der drahtlosen Telegraphie. Von Friedrich Laube in Tetschen. Die im folgenden beschriebenen Apparate lassen sich wegen ihrer Einfachheit von den Schülern leicht herstellen und liefern sehr gute Ergebnisse.

1. Der Fritter (Fig. 1, F). Wir schrauben auf ein Brettchen in einer Entfernung von 10 cm zwei Korke und bohren durch diese wagerecht in derselben Höhe zwei Stricknadeln, die, parallel laufend, auf einer Länge von 3 bis 5 cm einen Abstand von 2 bis 3 mm haben. Die Nadeln sind so magnetisiert, daß ihre genäherten Enden ungleiche Pole aufweisen. Sie tragen daher einen Bart von Nickelfeile. Zwei aufgeschobene Doppelklemmen vermitteln die Zu- und Ableitung des Stromes. Durch Drehen der Korke kann man leicht die Entfernung der Nadeln und somit die Empfindlichkeit des Fritters regeln; durch Verschieben der Nadeln in den Korken kann man mehr oder weniger Fritterelementchen parallel schalten. Zwei auf dem Tische liegende Antennen aus Kupferdraht sind rechtwinklig nach oben umgebogen und können durch eine angedrehte Spirale leicht auf die Stricknadeln geschoben werden. Der Fritter spricht zuverlässig an und entfrittet sich leicht durch leises Klopfen auf einen Kork oder durch Aufstampfen auf den Fußboden.

Fig. 1.

2. Das Galvanoskop (G). Zwei genau gleiche Bügel B aus nicht zu schwachem Messingdraht sind in vier Löcher des Grundbrettes gesteckt. Ihre seitlichen Einbiegungen nehmen eine Wickelung W von 50—100 Windungen eines $^1/_2$ mm starken

Kupferdrahtes auf. Während des Aufwickelns hält man die Drahtbügel durch Korke auseinander. In der oberen Einbiegung ruht der bewegliche Teil *N*. Durch ein prismatisches Korkstückchen ist von links nach rechts ein 4 cm langes Stück einer magnetisierten Stricknadel *M*, von vorn nach hinten eine als Achse dienende Stecknadel, von oben nach unten ein als Zeiger dienender Strohhalm *Z* geführt. Trotzdem sich demnach die Magnetnadel um einen außerhalb ihrer Mitte liegenden Punkt dreht, ist der Apparat sehr empfindlich. Durch Verschieben der Magnetnadel und eines Korkstückchens *K* richten wir den Zeiger lotrecht, durch Verschieben des Strohhalmes nähern wir das sichere Gleichgewicht dem indifferenten. Das Galvanoskop kann natürlich auch mit zwei verschiedenen Wickelungen versehen werden, und ist auch für alle anderen Zwecke, z. B. zum Nachweis der Induktionsströme, geeignet. Bei sorgfältiger Einstellung zeigt es noch jenen Strom an, den ein galvanisches Element durch unsere Zunge zu pressen vermag. Vorteile des Apparates sind: Durchsichtige Bauart, Verschiebbarkeit aller Teile, Wegfall der Spule, Ausschläge bis zu 90°.

3. Der Sender (Fig. 2). Zwei Kupferdrähte von 50 cm Länge sind, durch zwei eingebohrte Paraffinklötzchen *P* isoliert, auf zwei schmalen Brettchen wagrecht befestigt. Ihre Enden sind zu kleinen Ösen gebogen. Wir stellen die Brettchen so auf den Tisch, daß die Drähte in einer Geraden liegen und nähern zwei Ösen unter der Lupe auf einen kleinen Bruchteil eines Millimeters. Wenn wir einem Drahte eine geriebene Glasstange nähern, so springt zwischen den Drähten infolge Influenz ein kaum hörbares Fünkchen über, das die Veranlassung zur Aussendung wirksamer elektrischer Wellen ist. Indem wir die geriebene Glasstange einmal dem einen, dann dem anderen Drahte nähern, können wir viele Funken erzeugen. Kräftigere Wirkungen erzielen wir, wenn wir, einem Drahte einmal die innere, dann die äußere Belegung einer geladenen isoliert, gehaltenen Leidener Flasche nähern. — Wollen wir von dieser einfachen Form abweichen so biegen wir zwei Ösen nach unten in eine Schale mit Petroleum und stecken in je ein Paraffinklötzchen einen, dem Sendedraht stark genäherten Drahtbügel, den wir mit dem Induktor oder der Influenzmaschine verbinden.

Fig. 2.

Für die Praxis.

Der von selbst laufende Heber. Von **P. Weinmeister** in Leipzig. Bei der Vorführung des selbsttätigen Flüssigkeitshebers von Emil Neugebauer[1]) im physikalischen Unterrichte bemerkte einer meiner Primaner, daß man nach dem diesem zugrunde liegenden Gesetze schließlich jeden gewöhnlichen Heber unter gewissen Bedingungen von selbst zum Laufen bringen könne, und ein sofort angestellter Versuch bestätigte die Richtigkeit dieser Behauptung.

Es sind nur zwei Vorbedingungen dabei zu erfüllen: Erstens darf der in das Gefäß einzuführende Schenkel (*a*) des Hebers nicht (wesentlich) länger sein, als die Höhe des Gefäßes beträgt; zweitens muß das Gefäß möglichst bis zum Rande mit der Flüssigkeit (etwa Wasser) gefüllt sein.

Der Versuch ist folgendermaßen anzustellen. Man verschließe das Ende des äußeren Schenkels (*b*) mit einem Finger, so daß die im Heber befindliche Luft hier nicht entweichen kann, und führe den anderen Schenkel (*a*) so tief als möglich in das Gefäß ein. Dann kann nur wenig Wasser in den Heber eindringen, und die eingeschlossene Luft wird zusammengepreßt. Nun entferne man den Finger. Sofort

[1]) Diese Zeitschr. **22**, 207; man vgl. zu obigem Versuch auch Hahn, Freihandversuche I, 2, S. 180, und Weinhold, Physikal. Dem. (4), S. 190.

schießt die Luft heraus, und das Wasser dringt schnell nach, steigt aber dabei nicht nur bis zur Wasserhöhe im Gefäß, sondern läuft infolge des Beharrungsvermögens etwas darüber hinaus in den Schenkel *b*. Wenn es dadurch in ihm nur eine Kleinigkeit unter die Wasserhöhe im Gefäß gelangt, so beginnt der Heber zu laufen.

Das Ergebnis wird übrigens dadurch etwas unterstützt, daß auch ohne den Einfluß des Beharrungsvermögens das Wasser im Heber infolge von Kapillaritätswirkung ein wenig höher als im Gefäß stehen würde, wenn der Heber nicht gar zu weit ist.

Zur Erregung des Fritters. Von **H. Voß** in Bernburg. Zu diesem Gegenstande bringt Herr Kremla[1]) einige Angaben, die mir Veranlassung zur Mitteilung mehrerer ergänzender Beobachtungen geben. Es ist bekannt, daß eine an den Klemmen des Fritters auftretende Potentialdifferenz diesen leitend macht. Diese Potentialdifferenz braucht aber nicht durch Induktionsstöße oder Hertzsche Wellen erzeugt zu sein, sondern kann auch von irgendeiner Gleichstrom-Batterie herrühren. Um dies zu zeigen, schaltet man am einfachsten den Fritter und 2 Akkumulatoren in Reihe mit einem Galvanometer, das einen hohen Widerstand besitzen muß, um den Fritter nicht zu überlasten. Der Fritter vermag jetzt infolge der im Stromkreise wirksamen elektromotorischen Kraft von 4 Volt den Strom nicht mehr zu sperren. Nur bei sehr häufiger Wiederholung des Versuchs erreicht man bisweilen doch eine Sperrung; dann wirkt aber eine geringe Erschütterung bei geschlossenem Stromkreise entgegengesetzt wie sonst, d. h. der Fritter wird leitend. Daher enthält der Fritterkreis einer Empfangsstation in der Regel auch nur ein Trockenelement. — Der Forderung, daß die Erschütterung am besten bei stromlosem Fritter erfolgen solle, wird in ebenso sinnreicher wie einfacher Weise folgende Telefunken-Schaltung gerecht (s. Figur). Man sieht, daß der Klopfer zwar wie ein Wecker gebaut, in seiner Schaltung aber abgeändert ist. Beim Anheben unterbricht der Klöppel zunächst den Fritterkreis und schlägt dann erst gegen den Fritter.

B Klopferbatterie, *K* Klopfer, *F* Fritter, *E* Relaiselement, *R* Relais.

Bezüglich der Wirkung einer Selbstinduktion auf den Fritter ist es merkwürdig, daß beide gar nicht irgendwie verbunden zu sein brauchen. Unterbricht man in geringer Entfernung vom Fritter den durch eine Spule mit Eisenkern fließenden Strom, so wird der Fritter leitend. Man kann auf diese Weise den Fritter einer Empfangsstation leicht auf seine Empfindlichkeit prüfen. Ein Keilspaltfritter mit Stahlelektroden und Stahlspänen[2]) konnte durch einen gewöhnlichen Wecker als Sender, ohne irgendwelche Antennenansätze, aus einer Entfernung von 1,5 m zum Ansprechen gebracht werden. Bei diesem Versuche zeigte sich öfter, ein wie unsicherer Detektor der Fritter ist; denn ohne irgend eine erkennbare Ursache versagte er plötzlich, und erst bei 30÷40 cm Entfernung ließ er sich wieder erregen. Dieser Versuch zeigt auch deutlich, weshalb die Selbstinduktion der Klopferwicklung selbst bei Anwendung eines Relais störend wirken muß, und tatsächlich wenden ja auch empfindliche Stationen stets Polarisationszellen oder hochohmige Nebenschlüsse zur Unschädlichmachung der Selbstinduktion an.

Übrigens ist es wohl an der Zeit, darauf hinzuweisen, daß der Fritter im Unterricht aus didaktischen Gründen beibehalten werden mag, daß er dagegen aus der Praxis der Wellentelegraphie so gut wie verschwunden ist[3]).

[1]) S. Jahrg. 25, Heft 5, S. 308.

[2]) Auf einen solchen Fritter mit frisch polierten Endflächen und frischen Spänen beziehen sich alle Beobachtungen. Elektroden und Späne bestanden aus ungehärtetem Silberstahl.

[3]) S. z. B. diese Zeitschr. Jahrg. 25, S. 134.

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Die Molekularluftpumpe. Von W. Gaede in Freiburg i. B. Diese neue Pumpe beruht auf einer technischen Ausnutzung des molekularen Mechanismus der Gase. Ihr Prinzip ist in Fig. 1 erläutert.

Es sei *A* ein um die Welle *a* drehbarer Zylinder, der von dem Gehäuse *B* umschlossen ist. In das Gehäuse *B* ist eine von *n* bis *m* reichende Nut eingefräst. Dreht sich *A* im Sinne des Uhrzeigers, so wird die Luft in

Fig. 1.

der Nut infolge der Gasreibung von *n* nach *m* mitgerissen. Verbindet man die Öffnungen *n* und *m* mittels der Schlauchstücke *S* mit einem Manometer *M*, so beobachtet man zwischen *m* und *n* eine Druckdifferenz. Das Quecksilber ist in dem rechten Schenkel des Manometers bis *o* herabgedrückt und steht in dem linken Manometerschenkel bei *p*. Diese Druckdifferenz ist um so größer, je schneller man den Zylinder *A* dreht und je größer die innere Reibung der Gase ist. Die innere Reibung der Gase ist nach der kinetischen Gastheorie erklärt durch die Zusammenstöße der Gasmoleküle untereinander. Maxwell hat aus den Zuzammenstößen berechnet, daß die innere Reibung eines Gases unverändert bleiben muß, gleichgültig, ob sich das Gas in einem verdichteten oder verdünnten Zustand befindet. Dieses Gesetz findet man bei der Vorrichtung Fig. 1 in anschaulicher Weise bestätigt. Verbindet man das Gehäuse *B* mit einer Luftpumpe, so beobachtet man, daß trotz der Verdünnung der Luft der Quecksilberstand bei *o* und *p*, die Druckdifferenz, unverändert bleibt. Ist z. B. die Druckdifferenz gleich einer Quecksilbersäule *op* von 10 mm, so ist bei Atmosphärendruck der Druck bei *m* 760 mm, bei *n* 750 mm. Verdünnt man die Luft im Gehäuse, so erhält man z. B. bei *m* 200 mm und bei *n* 190 mm, oder bei *m* 50 mm und bei *n* 40 mm. Setzt man bei *m* den Druck auf 10 mm herab, so sollte, wenn diese Regel noch weitere Gültigkeit hätte, der Druck bei *n* 0 mm sein, d. h. diese Vorrichtung sollte, als ideale Luftpumpe arbeitend, ein absolutes Vakuum zu geben imstande sein. Bei den niedersten Drucken gestaltet sich die Regel tatsächlich komplizierter. Bei den allerhöchsten Verdünnungen ist nicht mehr die Druckdifferenz, sondern das Druckverhältnis unabhängig vom Verdünnungsgrad.

Die Gasmoleküle bewegen sich mit sehr großer Geschwindigkeit in absoluter Unordnung auf geraden Bahnen durcheinander, bis sie mit einem anderen Molekül zusammenstoßen, so daß unregelmäßige Zickzackbewegungen entstehen. Bei den niedersten Drucken sind die Zusammenstöße der Moleküle untereinander infolge der großen Verdünung sehr selten, so daß die Moleküle fast ausschließlich nur mit den Wänden des evakuierten Raumes zusammenstoßen. Von den Wänden werden die Moleküle in absoluter Unordnung reflektiert, so daß der Reflexionswinkel vom Einfallswinkel vollständig unabhängig ist. Die Reflexion der Moleküle kann man sich so vorstellen, wie wenn die Wand mit einer großen Zahl kleiner Geschütze besät wäre, aus welchen die Moleküle nach allen möglichen Richtungen mit einer großen Geschwindigkeit, der Molekulargeschwindigkeit, abgeschossen werden. Würde sich die Zylinderoberfläche mit einer Geschwindigkeit bewegen, die größer ist als die Molekulargeschwindigkeit, so würden in der Nut die Molekülgeschütze schneller nach rechts als wie die Moleküle nach links abgeschossen werden, so daß die in der Richtung nach *n* abgeschossenen Moleküle sich ebenfalls im Sinne des Pfeiles nach rechts mitbewegten. Von dem Zylinder würden somit keine Moleküle nach *n* reflektiert, bei *n* entstände ein Verarmungsbereich von Molekülen, ein Vakuum. Man erkennt hieraus, daß diese Vorrichtung, welche bei

Atmosphärendruck als Luftpumpe wertlos ist, bei niederen Drucken in Verbindung mit einer Hilfspumpe sehr gute Resultate geben muß. Aus verschiedenen praktischen Gründen wählt man die Umdrehungsgeschwindigkeit

Fig. 2.

kleiner und gibt den Saugnuten die Form wie in Fig. 2 und 3. In dem Gehäuse *B* rotiert der Zylinder *A* um die Welle *a*, welche in den luftdicht aufgeschraubten Scheiben *E*

Fig. 3

gelagert ist. In den Zylinder sind die Nuten *D* eingeschnitten. In die Nuten ragen die am Gehäuse befestigten Lamellen *C* hinein. *F* sind die Ölbehälter, und *G* ist eine Stellvorrichtung, welche verhindert, daß die Lamellen *C* an die Nutenwandungen des rotierenden Zylinders anstreifen. *H* ist die Riemenscheibe. Dreht sich *A* im Sinne des Uhrzeigers, so wird das Gas bei *m* verdichtet, bei *n* verdünnt. Auf dem Gehäuse *B* ist der Aufsatz *K* luftdicht aufgeschraubt. *S* ist das Saugrohr für das Hochvakuum und ist, wie Fig. 2 zeigt, mit *n* verbunden, wobei *D* eine Nut in der Mitte sein soll. Die Drucköffnung *m* ist durch Kanäle in dem Aufsatz *K* mit der Saugöffnung *n* einer benachbarten Nut verbunden, die Drucköffnung *n* dieser Nut ist dann wieder mit der Saugöffnung *n* der nächsten Nut verbunden usw., so daß die Wirkungen der einzelnen Nuten sich addieren. Der Druck in der mittleren

Fig. 4.

Nut ist am kleinsten und steigt gleichmäßig nach den beiden Enden des Zylinders bis zu dem Gasdruck, den die Hilfspumpe in dem Gehäuse erzeugt. Die Hilfspumpe ist durch einen Schlauch mit der Düse *T* verbunden und steht mit dem Innern des Gehäuses *B* in Verbindung. Die Abdichtung an der Durchführungsstelle der Welle ist durch Ölabschluß erreicht. Das Eindringen des Öles in das Pumpengehäuse ist durch eine in die Welle eingeschnittene Spiralnut *N* verhindert, welche während der Rotation das Öl dynamisch entgegen dem äußeren atmosphärischen Überdruck zurückdrängt. Diese einfache Vorrichtung hat sich bei Dauerbetrieb ausgezeichnet bewährt. Die Spiralnut hat nur dann eine Wirkung, wenn die Welle rasch rotiert. Daraus ergibt sich als wesentlichste Vorschrift für die Bedienung der Pumpe,

daß die Pumpe zuerst in Rotation versetzt und dann mit der Vorpumpe verbunden wird. Beim Abstellen muß zuerst Luft in die Pumpe eingelassen und dann der Motor, der die Pumpe antreibt, abgestellt werden.

Die Firma Leybolds Nachfolger liefert die Pumpe, die mit einem $^1/_3$ PS-Elektromotor auf einem Brett montiert ist. Durch eine besondere zwangläufige Stellvorrichtung am Anlasser des Elektromotors ist verhindert, daß ein Irrtum in der Reihenfolge der Handgriffe beim Anlassen und Abstellen vorkommen kann. Fig. 4 zeigt die Ausführungsform der Pumpe allein ohne Motor.

Um die Wirksamkeit der neuen Luftpumpe zu prüfen, wurde auf den Schliff der weiten Saugdüse eine Röntgenröhre von etwa 1 Liter Inhalt aufgesetzt. In etwa 10 Sekunden war, bei einem Druck von 5 mm beginnend, die Röhre so weit evakuiert, daß an einer 15 cm weiten Funkenstrecke des Induktors Parallelfunken einsetzten. Bedenkt man, daß der gleiche Versuch mit der ebenfalls von Gaede konstruierten Quecksilberluftpumpe, vorausgesetzt, daß die Röntgenröhre gut getrocknet ist, etwa 100 Sekunden dauert, so erkennt man die große Leistungsfähigkeit der neuen Luftpumpe. Da die Wirkung der Pumpe auf einer unmittelbaren Beeinflussung der Molekülbewegung beruht, so ist zu erwarten, daß im Gegensatz zu den bisher bekannten Luftpumpen die Molekularluftpumpe nicht nur die Gase, sondern auch die Dämpfe absaugt. Dies bestätigt sich auch, indem bei dem genannten Versuche kein Phosphorpentoxyd oder sonstiges Trockenmittel verwendet zu werden brauchte. Sogar wenn die Röntgenröhre vorher absichtlich mit Wasserdampf gefüllt wurde, erzeugte die Molekularluftpumpe trotzdem in den wenigen Sekunden das hohe Röntgenvakuum.

Tabelle 1.

n	p_1	p_2
12 000	0,05	0,000 000 2
12 000	1	0,000 005
12 000	10	0,000 03
12 000	20	0,000 3
6 000	0,05	0,000 02
2 500	0,05	0,000 3

Die Tabelle gibt den Zusammenhang zwischen der Tourenzahl n pro Minute, dem an der Saugdüse gemessenen Druck p_2 und dem Druck p_1 im Gehäuse, der mit Hilfe der Gaedeschen Kapselluftpumpe eingestellt wurde. Die Drucke unter 1 mm wurden mit Mac Leodschen Manometern gemessen. Der Druck p_2 war nicht mehr ablesbar für $n = 12000$ und $p_1 = 0{,}05$.

Der bisher noch nie erreichte Druck $p_2 =$ 0,000 000 2 mm Quecksilbersäule wurde ermittelt, indem das Manometer mit der drittletzten Nut verbunden wurde und durch eine besondere Messung das konstante Druckverhältnis zwischen der dritten und letzten Nut bestimmt wurde. Das erreichte Vakuum ist demnach um so höher, je niedriger der Druck im Gehäuse und je größer die Tourenzahl ist. Dies stimmt mit obiger Überlegung überein, indem bei der Reflexion vom rotierenden Zylinder um so mehr Moleküle zur Saugdüse n (Fig. 1 und 2) zurückgelangen werden, je kleiner die Umfangsgeschwindigkeit des Zylinders ist im Verhältnis zur Molekulargeschwindigkeit. Bei gleicher Tourenzahl muß somit das erreichte Vakuum um so schlechter sein, je größer die Molekulargeschwindigkeit ist. Dies läßt sich leicht zeigen, wenn man auf die Molekularluftpumpe eine elektrische Entladungsröhre aufsetzt und das Gehäuse einmal mit Luft mit der Molekulargeschwindigkeit $^1/_2$ km pro Sekunde, dann mit Wasserstoff mit der Molekulargeschwindigkeit 1,8 km pro Sekunde bei jeweils gleichen Drucken im Gehäuse durchspült. Geht im ersten Falle keine Entladung mehr durch die Röhre hindurch, so werden die verschiedenen Entladungsstadien rückwärts durchlaufen, sobald man das Vorvakuum mit Wasserstoff durchspült. Durchspült man darauf mit Luft, so stellt sich das ursprüngliche hohe Vakuum wieder ein.

Bei allen bisher bekannten Systemen von Hochvakuumpumpen, den Kolben-, Rotations-, Öl-, Quecksilberluftpumpen, wird, dem Gedankengang Otto von Guerickes folgend, durch einen Kolben, der aus einem festen Material oder einer Flüssigkeit besteht, eine gewisse Gasmenge abgegrenzt, von dem zu evakuierenden Gefäß abgeschlossen und durch die Kolbenbewegung dem Vorvakuum oder der Atmosphäre zugeführt. Ein möglichst vollkommener Abschluß des Gefäßes ist prinzipiell notwendig, weil anderenfalls sich die Drucke nach jedem Kolbenhub wieder ausgleichen würden und ein hohes Vakuum nicht zustandekommen könnte. Im Gegensatz hierzu ist bei der Molekularluftpumpe kein Kolben vorhanden, das zu evakuierende Gefäß ist mit dem Vorvakuum durch die

Nuten des Gehäuses oder Ankers dauernd verbunden und in keinem Moment auch nur teilweise abgesperrt. Das neue Prinzip bewährt sich für Hochvakuumpumpen in hohem Maße, indem die Molekularluftpumpe vor den bisher bekannten Luftpumpen den Vorzug hat, nicht nur viel schneller zu pumpen und höhere Luftverdünnungen zu geben, sondern vor allem ein von Dämpfen freies Vakuum herzustellen.

(*Die Naturwissenschaften, 1913, Nr. 1: vgl. Ber. der D. Physikal. Gesellsch. 1912, Heft 15.*)

2. Forschungen und Ergebnisse.

Beobachtungen während der Sonnenfinsternis am 17. April 1912. Von verschiedenen Beobachtern wurden Helligkeitsmessungen während des Verlaufes der Finsternis angestellt. W. Walter und F. Goos in Hamburg benutzten dazu das Polarisationsphotometer eines Martensschen Schwärzungsmessers[1]). Aus der erhaltenen Helligkeitskurve erkennt man, daß die Helligkeit in der Mitte der Finsternis bis auf etwa $^1/_{100}$ der anfänglichen Größe gesunken war und daß sie — der ohnehin abnehmenden Helligkeit am Nachmittag entsprechend — nicht wieder die ursprüngliche Höhe erreichte. Mit Hilfe von am folgenden Tage (18. April) gemachten Beobachtungen wurden die gemessenen Helligkeiten auf gleiche Sonnenhöhe reduziert und das Verhälttnis der reduzierten Helligkeit zur leuchtenden Sonnenfläche bestimmt. Dieses Verhältnis war während des größten Teils der Finsternis nahezu konstant. Nur in der Nähe des Maximums der Finsternis stieg es auf nahezu das Doppelte seines sonstigen Wertes, was darauf zurückzuführen ist, daß der Sonnenrand erheblich lichtschwächer ist als die Sonnenmitte.

Elster und Geitel machten in Wolfenbüttel Helligkeitsmessungen mit dem von ihnen konstruierten lichtelektrischen Photometer[2]). Sie reduzierten ihre Messungen auf gleiche Sonnenhöhe mit Hilfe einer von Lambert aufgestellten Formel, fanden aber auch dann ein geringes Zurückbleiben des aufsteigenden Astes der Helligkeitskurve nach der größten Phase der Verfinsterung, was von ihnen auf eine kleine Verminderung der atmosphärischen Transparenz zurückgeführt wird. Eine bei der totalen Sonnenfinsternis vom 28. Mai 1900 in Spanien gemachte Beobachtung, daß die Lichtzunahme schneller erfolgte als die vorherige Abnahme, erklären die Verff. durch eine im zweiten Falle mit einer geringen Trübung verbundene größere Helligkeit des diffusen Himmelslichtes. W. Kolhörster in Halle beobachtete bei seinen lichtelektrischen Messungen das gleiche Zurückbleiben des aufsteigenden Asts der Helligkeitskurve[3]). Er führt es auf Einstauben des Heliostaten zurück; die gleiche Beobachtung in Wolfenbüttel scheint aber doch auf atmosphärische Ursachen hinzudeuten.

Mit einem Spektralphotometer bestimmte Kron in Potsdam den Abfall der Sonnenintensität bis zur größten Phase der Verfinsterung für die Wellenlängen 443, 514 und 651 $\mu\mu$. A. Werner hat die entsprechenden Werte, unter Voraussetzung eines bestimmten Gesetzes, für den Intensitätsabfall berechnet und mit den Messungen verglichen[4]). Die Übereinstimmung beider Werte ist sehr gut bei 651 $\mu\mu$, während bei 514 $\mu\mu$ und besonders bei 443 $\mu\mu$ systematische Abweichungen vorhanden sind, die der Verf. auf Veränderungen in der Atmosphäre zurückführt, die die kürzeren Wellenlängen mehr beeinflußten als die längeren. Während der zweiten Phase der Finsternis wurden die Messungen durch das Auftreten von Cirren verhindert.

Photographische Aufnahmen des Schattens eines Luftballons und der dazu gehörigen Phasen der Sonnensichel wurden von A. Wigand bei einer Freifahrt des Ballons „Hella“ während der Finsternis gemacht. Der Verf. gibt zusammen mit E. Everling zugleich eine theoretische Behandlung der Schattenform und der Helligkeitsverteilung im Schatten für die besondere Gestalt der Lichtquelle bei einer partiellen Sonnenfinsternis[5]). Als Hintergrund für die Schatten diente ein frisch bestellter Acker mit heller Oberfläche. Die Aufnahmen gaben die theoretisch bestimmte Lichtverteilung im wesentlichen wieder. Die Schattenfläche der Ballonkugel besaß einen dunkleren Kern in der Mitte; als die Sonne nur eine schmale Sichel war, hatte auch der Ballonschatten Sichelform und erschien als umgekehrtes

[1]) Phys. Zeitschr. **13**, 564 (1912).
[2]) Phys. Zeitschr. **13**, 852 (1912).
[3]) Verh. d. Deutsch. Phys. Ges. **14**, 812 (1912).
[4]) Phys. Zeitschr. **13**, 719 (1912).
[5]) Verh. d. Deutsch. Phys. Ges. **14**, 748 (1912).

Bild der Sonnenphase. Der Korbschatten zeigte entsprechende Formen. — Durch einen mit Seidenpapier bedeckten, sichelförmigen Ausschnitt in einem undurchsichtigen, von hinten beleuchteten Schirm lassen sich die Sonnenfinsternisschatten reproduzieren. Auch beim Auf- und Untergang der Sonne können solche Schatten einige Sekunden lang auf einem Blatt Papier beobachtet werden.

Außer den Helligkeitsmessungen veranstaltete W. Kolhörster in Halle während der Finsternis auch erdmagnetische und luftelektrische Beobachtungen und verglich die dabei erhaltenen Zahlen mit den am vorhergehenden und am folgenden Tage (16. und 18. April) gemessenen Größen. Die Deklination war während der Finsternis kleiner; die Horizontalintensität war größer als an den Vergleichstagen. Das positive und das negativ geladene Elektrometer zeigte eigentümliche Schwankungen, die bei beiden zu verschiedenen Zeiten eintraten. Das Potential nahm während der Verfinsterung ständig ab, um gegen Ende steil emporzuschnellen. Damit stimmen die Beobachtungen von K. Bergwitz überein, der eine Registrierung des Potentialgefälles während der Finsternis vernahm und ein starkes Ansteigen des Erdpotentials nach Eintritt der maximalen Verfinsterung feststellte[6]). Auch Beobachtungen von A. Brommer in Wien zeigten den Einfluß der Finsternis auf die Luftelektrizität[7]). Er bestimmte die Dichte und Geschwindigkeit der Ionen und verglich sie mit den am 18. April gemessenen Werten. Die Ionendichte war während der Finsternis merklich geringer, die Geschwindigkeit zeigte ebenfalls eine geringe Abnahme, die sich bei den negativen Ionen deutlicher ausprägte als bei den positiven.

Die durch das Sonnenlicht verursachte Ionisation der Luft und die dadurch bewirkte stärkere Absorption der elektromagnetischen Wellen macht sich für gewöhnlich in der Weise bemerkbar, daß die Reichweite der radiotelegraphischen Sendestationen bei Nacht im allgemeinen mindestens doppelt so groß ist als am Tage. Da die ionisierende Wirkung der Sonnenstrahlen um Mittag am größten ist, so gab die zu dieser Zeit eintretende Sonnenfinsternis eine besonders gute Gelegenheit, den Einfluß der Sonne auf die Ausbreitung Hertzscher Wellen zu verfolgen. Derartige Beobachtungen haben E. Take in Marburg und M. Vos in Graz mit den vom Eiffelturm kommenden Wellen ausgeführt[8]). Fig. 1 gibt die Messungen in Marburg wieder. Das Maximum der Empfangsintensität liegt in der Mitte zwischen dem Zeitpunkt maximaler Verfinsterung in Paris ($1^h 10^m$) und Marburg ($1^h 21^m$). Gegenüber der vor Beginn der Verfinsterung gemessenen Empfangsintensität betrug die Zunahme beim Maximum etwa 25 %. In Graz betrug diese Zunahme sogar rund 96 %, da hier die von Paris ausgesandten elektrischen Wellen beim Passieren der hohen Gebirgszüge, auf denen die Sonnenionisation besonders groß ist, bei intensivem Tageslicht fast gänzlich absorbiert werden. Die Folge davon ist, daß die Pariser Zeitsignale in Graz bei Tage fast kaum wahrzunehmen sind, während sie nachts fast ebenso laut wie in Marburg ankommen. Aus dem Vergleich der beiden in Marburg und in Graz aufgenommenen Beobachtungsreihen ist also deutlich die Abhängigkeit der Absorption Hertzscher Wellen von der Höhe der durchlaufenen Luftschichten zu erkennen. *Schk.*

Aus der Akustik. 1. Eine Methode zur Untersuchung der Wahrnehmung kürzester Töne. Von G. Leimbach[1]). Der Verf. beabsichtigte zn untersuchen, wieviel Schwingungen eines Tones wohl nötig sind, um den Ton als solchen und seine Höhe noch mit Sicherheit bestimmen zu können. Das Problem ist bereits von O. Abraham und L. J. Brühl eingehend behandelt worden. Danach genügen zur Bildung des absoluten Tonurteils von der Kontraoktave bis zur Mitte der vier gestrichenen Oktave zwei

[6]) Phys. Zeitschr. **13**, 767 (1912).
[7]) Phys. Zeitschr. **13**, 684 (1912).
[8]) Verh. d. Deutsch. Phys. Ges. **14**, 837 (1912).
[1]) Ann. d. Physik **39**, 251 (1912).

Schwingungen; von da an steigt die Zahl der erforderlichen Schwingungen stetig an. Als absolutes Zeitminimum eines Tones ergab sich 0,63/1000 Sek. für den Ton g_4. Höhere und tiefere Töne erfordern mehr Zeit. Abraham hatte aber das „absolute Tonbewußtsein" in besonders hohem Maße: er konnte den durch 20 Sirenenstöße erzeugten Ton noch als solchen hören, selbst bei noch geringerer Stoßzahl aus dem dann auftretenden „Knall" den Ton noch bestimmen. Leimbach vermochte ähnliches, wenn auch weniger vollkommen wahrzunehmen. Bei der von ihm angewandten Methode bildete die Tonquelle ein mit hochfrequentem Wechselstrom gespeistes Telephon mit Schalltrichter. Der Wechselstrom wurde dadurch erzeugt, daß ein auf der Achse eines Motors sitzender gezahnter Eisenkörper an einem Elektromagneten vorbeirotierte; die dadurch entstehenden magnetischen Schwankungen erzeugten in einer sekundären Wickelung Wechselströme von variabler Schwingungszahl, die in dem Telephon Töne von variabler Höhe erzeugten. Um den Strom meßbar kurze Zeiten hindurch zu schließen, eignete sich sehr gut das Helmholtzsche fallende Pendel, durch das ein Stromschluß von sehr kleiner Dauer (unter $^1/_{1000}$ Sek.) hergestellt werden konnte. Der Verf. konnte mit dieser Methode die untere Grenze, bei der die Tonempfindung aufhört, einem Auditorium vorführen.

2. Die Anwendung von Luftresonatoren bei Telephontönen. Von M. Wien[2]). Wenn das Telephon als Tonquelle benutzt wird, so bildet man den Raum zwischen Platte und Gehäuse zu einem Helmholtzschen Resonator mit passender Öffnung aus (Fig. 1), oder das Telephon wird durch einen

Zum Ohr

Schlauch mit einem Helmholtzschen Resonator verbunden. Die Einstimmung des Resonators auf einen bestimmten Ton erfolgt durch Änderung der Öffnung mittels einer Irisblende. Bei sehr schwachen Tönen muß der Resonator durch einen Schlauch mit dem Ohr direkt in Verbindung gesetzt werden; zur Abhaltung äußerer Geräusche kann man ihn in eine mit Watte ausgepolsterte Schachtel stecken. — Geschlossene Kugelresonatoren haben eine große Anzahl sehr hoher, scharf hervortretender Eigentöne, deren Theorie von Rayleigh und Thiesen gegeben ist. Der Verf. prüfte die Theorie an einem großen Kugelresonator von 60 cm Durchmesser, dem die Schallwellen vom Telephon durch eine Röhre zugeführt wurden, die entweder am Anfang oder in der Mitte der Kugel endete. Es ergab sich völlige Übereinstimmung mit der Theorie: bei Anregung in der Mitte traten die der Ordnung 0 der Kugelfunktionen entsprechenden Töne hervor, die übrigen bei seitlicher Anregung. Mit diesen Resonatoren ließen sich leicht die ganz hohen Obertöne der Telephonklänge verfolgen. Durch Ineinanderschrauben der beiden Kugelhälften ließen sich diese Resonatoren auf einen bestimmten Ton einstimmen. Mit Hilfe der Telephonresonatoren kann man reine Töne von beliebiger und bekannter Tonhöhe erzeugen, die in beliebiger Stärke gemischt werden können. Ferner eignen sie sich zur Verstärkung und Reinigung des Telephonklanges in der Wheatstoneschen Brücke. Wegen der scharfen Resonanz muß die Frequenz des Wechselstromes sehr konstant gehalten werden. Dazu eignen sich die gedämpften Schwingungen von Kondensatorentladungen, die man mit Hilfe von Glimmerkondensatoren und passenden Spulen leicht auf die gewünschte Tonhöhe einstimmen kann. Sehr naheliegend ist auch die Anwendung der Resonatoren auf die drahtlose Telegraphie mit tönenden Funken.

3. Zungenpfeifen mit konischen Ansatzrohren. Von Edm. Hoppe[3]). Die Zungenpfeifen mit zylindrischen Ansatzrohren hat W. Weber behandelt. Da die Eigentöne konischer Rohre den Eigentönen zylindrischer Rohre gleich sind, so hat man die Webersche Theorie auch auf die konischen Rohre übertragen zu können geglaubt. Da der Verf. bemerkt hatte, daß die von Weber bei zylindrischen Rohren beobachteten Tonerniedrigungen nicht auf konische Rohre übertragbar seien, auch daß mit Hilfe der Helmholtzschen „reduzierten Länge" die Tonerniedrigungen hier nicht erreicht werden

[2]) Verh. d. Deutschen Phys. Ges. **14**, 898; Phys. Zeitschr. **13**, 1034 (1912).

[3]) Verh. d. Deutschen Phys. Ges. **14**, 914; Phys. Zeitschr. **13**, 1051; Ann. d. Physik **39**, 677 (1912).

konnten, so wurden mit 4 Zungenpfeifen und 10 verschiedenen Ansatzrohren neue Versuche angestellt. Auch bei diesen wurde die Webersche Theorie als nicht zutreffend gefunden. Das Auffallendste war, daß bei einigen Ansatzrohren nach der Erniedrigung ein vollständiges Verschwinden des Tones eintrat. Für Pfeife *I* wurde eine Reihe konischer Resonatoren hergestellt. Diese resonierten sehr stark, wenn sie in einiger Höhe über der Pfeifenöffnung gehalten wurden; sobald sie aber in den Kegel der Kanüle eingesetzt wurden, verschwand bei allen sowohl der Grundton als auch der Oberton und man hörte nur das Sausen der austretenden Luft. Der Grund dieser Erscheinung wurde durch eine auf die Öffnung gebrachte Irisblende festgestellt. Wurde diese nämlich während des Tönens der Pfeife allmählich verengert, so trat bei einer bestimmten Größe der Öffnung Tonerniedrigung und bei noch weiterer Verengerung das vollständige Verschwinden des Tones ein. Der Ton versagt also, sobald die untere Öffnung des Ansatzrohres kleiner wird als die mit der Irisblende festgestellte Öffnung. Das Eintreten der Erscheinung ist aber im hohen Maße auch von der Größe des Winddrucks abhängig. Von diesem hängt aber die Schwingungsamplitude a der Zunge ab. Der Verf. berechnete die beschleunigende Kraft K der Zunge mit Berücksichtigung des durch die vorgelegte Blendenfläche erzeugten Widerstandes und stellte die Bedingung für $K = 0$ auf. Die Beobachtungen ließen sich im allgemeinen durch die Theorie darstellen. Für die Orgelpfeifen ergab sich noch die Konsequenz, daß das Stimmen der Pfeife nicht nur durch die Verkürzung der Zunge, sondern auch durch die Verengung der Kanülenöffnung möglich ist.

4. Zur Theorie der Schneidentöne. Von W. König[4]). Schneiden- oder Lamellentöne sind Töne, die ein Luftstrom hervorbringt, wenn er gegen eine Schneide oder gegen einen Keil stößt, also z. B. die Töne einer Lippenpfeife ohne Pfeifenraum. Es lassen sich in dieser Weise mit großer Präzision Töne von bestimmter Höhe einstellen. Der Verf. denkt sich bei Eintritt der Störung eine Verdichtungswelle von der Keilkante aus nach allen Seiten hin ausgehend; dies verursacht an der Austrittsöffnung des Luftstroms eine Störung der Ausströmungsgeschwindigkeit, die von dem Luftstrom fortgetragen wird und an der Schneide eine neue Störung veranlaßt. Berechnet man die Zeit zwischen der Störung und ihrer Wiederholung, so erhält man daraus für die Schwingungszahl $n = v/2a$, wo v die Störungsgeschwindigkeit der Lamelle, a den Abstand der Öffnung von der Schneide bedeuten. Auf Veranlassung des Verf. hat Göller diese Formel geprüft und gefunden, daß $a \cdot n$ in der Tat sehr nahe konstant, ebenso, daß v mit n proportional ist. Für die in größter Nähe der Öffnung entstehenden Töne war $a \cdot n/v$ zwischen 0,4 und 0,5, was der Theorie entsprechen würde. Vergrößert man aber von der untersten Grenze a_0 an (etwa = 3 mm, wo man die höchsten Töne hört) den Abstand a, so sinkt die Tonhöhe nach dem angegebenen Gesetz bis zu Abständen von etwa $2a_0$, geht dann plötzlich wieder in die Höhe, um dann wieder zu sinken und bei etwa $3a_0$ noch einmal in die Höhe zu gehen. Die Größe $a \cdot n/v$ war im ersten Intervall im Mittel 4,2, im zweiten 1, im dritten fast 1,5. Um diese Erscheinungen zu erklären, sollen weitere Untersuchungen angestellt werden. *Schk.*

[4]) Verh. d. Deutschen Phys. Ges. **14**, 918; Phys. Zeitschr. **13**, 1053 (1912).

Zur neueren Entwickelung der Thermodynamik. Von W. Nernst.[1]) Während die andern Naturgesetze nur für ideale Grenzfälle gelten, die streng genommen in der Natur niemals vorkommen, wird die Gültigkeit der beiden Hauptsätze der Thermodynamik als unbeschränkt angenommen. Nernst stellte sich die Frage, ob diese Sätze das Verhältnis der Wärme zu den andern Energieformen vollständig erschöpfen, oder ob nicht noch neue Beziehungen vorhanden sind. Bevor er auf diese Frage näher einging, betrachtete er noch die Erscheinungen der Radioaktivität und die neueren Untersuchungen über die spezifische Wärme. Beim Zerfall radioaktiver Elemente treten so gewaltige Energiequellen wie sonst nirgends zutage. Andererseits unterscheiden sich aber radioaktive Prozesse dadurch von chemischen, daß sie nicht umkehrbar sind; das Uran oder irgendein radioaktives Element läßt sich niemals aus seinen Zerfallsprodukten wieder zurückbilden. Der aus dem zweiten Hauptsatz folgenden Degradation der Energie würde sich hiernach beim Zerfall der radioaktiven Körper eine Degradation der Materie an die Seite stellen,

[1]) Vortrag, gehalten auf der Naturforscherversammlung zu Münster am 20. Sept. 1912. Naturw. Rundsch. **27**, 569 (1912).

die schließlich zu einer Auflösung aller Atome in eine Ursubstanz, vielleicht den Lichtäther, führen müßte. In diesem müßte man dann wieder alle möglichen Konstellationen als vorkommend annehmen, so daß von Zeit zu Zeit sich auch ein Atom irgendeines Elements rückbildet. Dieser Vorgang braucht nur selten vorzukommen, da die Materie im Weltall ja auch nur sehr spärlich verteilt ist (im Mittel etwa alle 100 km ein Massekörnchen von der Größe eines Stecknadelknopfes). Die im Weltall vorhandene Materie könnte hiernach jetzt in einem gewissen Beharrungszustande sich befinden.

Die neueren Forschungen über spezifische Wärme fester Stoffe haben ergeben, daß dieselbe mit abnehmender Temperatur stark abnimmt und bereits vor Erreichung des absoluten Nullpunktes auf verschwindend kleine Werte herabsinkt. Dieses ist im Einklang mit der Planck-Einsteinschen Strahlungstheorie. Aus dieser folgt andererseits auch, daß bei hohen Temperaturen jede neue Schwingungsmöglichkeit im Atom einen Beitrag zur spezifischen Wärme (pro Grammatom rund 2 Kalorien) liefert; es muß also z. B. Eisendampf bei sehr hohen Temperaturen mit seinen zahllosen Linien eine ganz außerordentlich hohe spezifische Wärme haben. Da Eisendampf wohl den Hauptbestandteil der Sonne bildet, so ist anzunehmen, daß in deren Innern — um die an der Oberfläche ausgestrahlte Energie nachzuliefern — sehr hohe Temperaturen und dementsprechende hohe Beträge der spezifischen Wärme vorkommen. Ein Nachweis dieser hohen spezifischen Wärme bei Elementen mit linienreichen Spektren ist allerdings bisher noch nicht gelungen, da jene erst bei 5000° zu erwarten ist, eine Temperatur, die noch nicht erreicht ist.

Der Verf. stellte sich nun die Frage, wie die Affinität einer chemischen Reaktion mit der Wärmeentwicklung verbunden ist. Berthelot hatte bereits 1869 den Satz gefunden, daß jede sich ohne fremde Energie vollziehende chemische Umwandlung nach der Erzeugung des Stoffes strebt, der die meiste Wärme entwickelt. Doch lehrt die Erfahrung, daß die chemische Affinität keineswegs mit der Wärmeentwicklung zu identifizieren ist. Durch Änderungen des Mengenverhältnisses der reagierenden Komponenten kann die Reaktion sich in dem einen oder andern Sinne abspielen, verläuft also einmal unter Wärmeentwicklung, das andere Mal unter Wärmeabsorption. Wäre die Affinität gleich der Wärmeentwicklung, so müßte nach Helmholtz die elektromotorische Kraft galvanischer Elemente einfach durch die Wärmeentwicklung des stromliefernden Prozesses gegeben sein. Aus dem zweiten Wärmesatz folgt aber, wenn A die chemische Affinität, U die Wärmeentwicklung, T die absolute Temperatur bedeutet, $A - U = T \cdot dA/dT$. Daraus geht hervor, daß (außer bei dem absoluten Nullpunkt) A nur dann $= U$ wird, wenn es von der Temperatur unabhängig ist. Aus dieser Gleichung läßt sich die Affinität nicht berechnen, auch wenn man die Wärmeentwicklung für alle Temperaturen kennt; jeder beliebige Wert der Affinität A ist vielmehr mit irgendeinem experimentell gegebenen Verlauf der Wärmeentwicklung verträglich. Trotz aller Einwände trifft aber die Berthelotsche Regel und der Helmholtzsche Ansatz zur Berechnung der elektromotorischen Kraft doch gar zu häufig zu, als daß man jene Beziehungen einfach ignorieren dürfte. Und es hat sich in der Tat gezeigt, daß die von Berthelot gefundenen Gesetzmäßigkeiten nur Spezialfälle eines viel allgemeineren Satzes sind. Dieses von Nernst selbst aufgestellte neue Wärmetheorem läßt sich als Zusatz zu der obigen Gleichung in der Form $\lim dA/dT = 0$ (für $T = 0$) ausdrücken. In graphischer Darstellung (Fig. 1)

heißt das, daß sich die Kurve für A und U bei sehr tiefen Temperaturen tangieren. Aus der Tatsache, daß die U-Kurve bei sehr tiefen Temperaturen der Abszisse (T) parallel läuft, folgt, daß hier die Molekularwärme der Verbindungen sich streng additiv aus den Atomwärmen zusammensetzt. Die Erfahrung hat diesen Satz nicht nur bestätigt, sondern auch in Übereinstimmung mit den Theorien von Planck und Einstein das Resultat erbracht, daß bei tiefen Temperaturen alle Atomwärmen gleich Null werden. Da aus der Gleichung des zweiten Wärmesatzes

tg $\alpha = dA/dT = (A-U)/T$ folgt, so kennen wir in jedem Punkte der A-Kurve den Winkel, in welchem wir diese Kurve zu verlängern haben, d. h., es ist der Verlauf der A-Kurven eindeutig festgelegt, wenn der Verlauf der U-Kurven experimentell bekannt ist. Das bedeutet die Lösung des Problems, die chemische Affinität aus thermischen Daten zu berechnen. Pollitzer hat solche Berechnungen in 80 Fällen ausgeführt und durchweg mit der Erfahrung in Übereinstimmung gefunden. Der Nernstsche Wärmesatz gibt auch Anhaltspunkte für die Aufstellung von Zustandsgleichungen; er lehrt z. B., daß die Wärmeausdehnung bei tiefen Temperaturen sehr klein werden muß, was Lindemann bestätigen konnte, und führt zu dem von Grüneisen gefundenen Parallelismus zwischen Wärmeausdehnung und spezifischer Wärme. Der neue Wärmesatz läßt sich aus der Quantentheorie ableiten, da nach dieser auch bei sehr kleinen Entfernungen vom absoluten Nullpunkte alle festen Stoffe nur sehr wenig von ihrem Zustande beim absoluten Nullpunkte verschieden sind, also die Kurven der gesamten Energie und der freien Energie, die nach dem zweiten Wärmesatz sich im absoluten Nullpunkt schneiden, auch oberhalb desselben ein Stück zusammenfallen, d. h., sich tangieren müssen. Die Anwendung des neuen Wärmesatzes auf Gase ist noch nicht ausgeführt, doch hält Nernst sie wohl für möglich. Zum Schlusse bringt der Verf. die drei nun bekannten Wärmesätze in die Form folgender Thesen: 1. „Es ist unmöglich, eine Maschine zu bauen, die fortwährend Wärme oder äußere Arbeit aus nichts schafft." 2. „Es ist unmöglich, eine Maschine zu konstruieren, die fortdauernd die Wärme der Umgebung in äußere Arbeit verwandelt." 3. „Es ist unmöglich, eine Vorrichtung zu ersinnen, durch die ein Körper völlig der Wärme beraubt, d. h., bis zum absoluten Nullpunkt abgekühlt werden kann."

Schk.

Kathodenstrahlen. Eine Zählung von Kathodenstrahlteilchen unternahm E. Regener in folgender Weise[1]). Mittels eines Zerstäubers wurde ein dichter Nebel von freien Öltröpfchen hergestellt, der sich in der Luft ziemlich lange schwebend erhielt. Dieser Nebel gelangte zunächst in ein starkes elektrisches Feld, durch welches die etwa geladenen Tröpfchen herausgeschafft wurden. Der in dieser Weise ladungsfrei gewordene Nebel strömte durch ein Drahtnetz in einen zweiten Raum, in dem kein elektrisches Feld herrschte und in welchen die zu zählenden korpuskularen Strahlen eintraten. Die von diesen gebildeten Ionen lagern sich an die Öltröpfchen. Der Nebel gelangte dann in den Beobachtungsraum, wo durch ein elektrisches Feld die geladenen von den nicht geladenen Öltröpfchen räumlich getrennt wurden. Das geschah dadurch, daß die mit Spannung versehene Elektrode als Röhre ausgebildet war, durch die ein schwacher nebelfreier Luftstrom dem Nebelstrom entgegengeführt wurde. Dadurch wurde um das Ende der Elektrode herum ein nebelfreier Raum erzeugt. Die geladenen Tröpfchen wurden dann durch die elektrischen Kräfte in den nebelfreien Raum hineingezogen und hier ultramikroskopisch beobachtet. Die zur Ladung der Öltröpfchen dienenden Strahlen waren lichtelektrische Kathodenstrahlen, die mit einer Spannung von etwa 100000 Volt beschleunigt waren; sie wurden an einer Kupferplatte durch Bestrahlen mit dem Licht einer Quarzquecksilberlampe erzeugt und gelangten durch ein Lenardsches Fenster von sehr dünnem Glase in den Beobachtungsraum. Ein Kathodenstrahlteilchen lieferte 1—2 Dutzend geladene Öltröpfchen. Die Methode konnte auch für α-Strahlen benutzt werden; ein α-Teilchen lieferte aber schätzungsweise viele Hundert geladene Öltröpfchen. Die beobachteten Kathodenstrahlteilchen traten in ungleichmäßigen Intervallen auf und zeigten mithin Schwankungserscheinungen, wie sie bei den radioaktiven Umwandlungen bekannt sind. Die beschriebene Methode dürfte auch als Ionenindikator Dienste leisten.

Wie E. Gehrcke und R. Seeliger fanden, zeigt ein Kathodenstrahl bei Veränderung seiner Geschwindigkeit charakteristische Farben- und Intensitätsänderungen[2]). Die von einer Wehnelt-Oxydkathode K (Fig. 1) kommenden Strahlen gelangten innerhalb der Vakuumröhre in ein verzögerndes elektrisches Feld, das zwischen zwei Metalldrahtnetze A und K_1 gestellt wurde. Trat der Strahl unter einem Winkel α in das Feld, so durchlief er eine scharf begrenzte, hell leuchtende parabelförmige Kurve. In Luft war der Strahl von A_1 bis B_1 blau, von B_1 bis B_2 rot, von B_2 bis A_2 wieder blau. In der Nähe des Scheitels zwischen C_1 und C_2 wurde der

[1]) Verh. d. Deutsch. Phys. Ges. **14**, 400 (1912).

[2]) Verh. d. Deutsch. Phys. Ges. **14**. 335, 1023 (1912).

Strahl unsichtbar. Bei größerem Einfallswinkel α verschwand diese „Kappung" der Bahnkurve: der Strahl bildete eine überall sichtbare blaue Parabel mit rotem Scheitel. Bei noch weiterer Vergrößerung von α verschwand der rote Teil, und die Strahlen leuchteten auf dem ganzen Wege blau. Benutzte man eine konkave Oxydkathode, so erhielt man einen Fächer von Strahlen,

Fig. 1.

welche die beschriebenen Eigenschaften nebeneinander zeigten. In anderen Gasen (Stickstoff, Argon, Helium, Wasserstoff, Jod, Quecksilber, Kohlenoxyd, Leuchtgas) war die Erscheinung ähnlich, nur die Färbung je nach dem Gase verschieden. Am schönsten war sie in Argon und Wasserstoff zu beobachten. Bei Quecksilber zeigte sich ein doppelter Farbenwechsel: zuerst blauviolett, dann gelblichweiß, vor dem gekappten Teil noch grün. Die Verff. geben folgende Erklärung der Erscheinung. Sobald die Geschwindigkeit des Kathodenstrahls unter eine bestimmte Grenze V_α herabgesunken ist, tritt in dem Charakter des Leuchtens eine Änderung ein, und zwar derart, daß sich die Gesamtfarbe nach der Seite der größeren Wellenlänge hin ändert. Sinkt die Geschwindigkeit noch weiter (bis V_β), so verlieren die Elektronen die Fähigkeit, das umgebende Gas zum Leuchten anzuregen. Die Theorie zeigt, daß bei senkrechtem Einfall der verfärbte Teil des Strahls zwischen zwei Punkten liegt, dessen Abstand proportional l/V_1 (l = Abstand der beiden Netze, V_1 = Verzögerungspotential) sein muß. Der Versuch bestätigte dieses. Die Geschwindigkeiten V_α und V_β konnten durch Messung der Winkel α und β bestimmt werden, bei denen der Farbenumschlag bzw. die Kappung verschwand; nach der Theorie ist dann $V_\alpha = V_0 \sin^2 \alpha$, $V_\beta = V_0 \sin^2 \beta$.

Das bei der beschriebenen Versuchsanordnung etwas enge Gebiet des Farbenumschlags ließ sich durch Anwendung eines hinter K_1 gelegenen dritten Drahtnetzes K_2 erweitern, das über eine besondere Batterie mit der Kathode K leitend verbunden war. Die charakteristisch gefärbten Bezirke der Strahlen wurden dadurch auf mehrere Millimeter vergrößert, und man erhielt jetzt bei allen Gasen einen dreifachen Farbenwechsel.

Die beschriebenen Erscheinungen geben eine Stütze der von Stark ausgesprochenen Ansicht, daß die optischen Verschiedenheiten der positiven Säule und des negativen Glimmlichts lediglich durch die verschiedene Geschwindigkeit der das Leuchten erregenden Elektronen bedingt sind. Vergleichende Versuche der Verfasser an den geschichteten Teilen der positiven Glimmentladung ergaben, daß die Farbenfolge der einzelnen Teile einer Schicht zwar nicht immer mit der eines verzögerten oder beschleunigten Kathodenstrahls übereinstimmt, daß aber in vielen Fällen sich die einzelnen Farben des Kathodenstrahles in den einzelnen Teilen der Schicht wiederfinden. Spektraluntersuchungen der verschieden gefärbten Strahlenteile führten zur Feststellung der Linien, die von langsamen bzw. von schnellen Elektronen angeregt werden; der Farbenumschlag beruht hiernach in individuellen Eigentümlichkeiten der leuchtenden Teilchen.

Von einer den Querschnitt einer zylindrischen Entladungsröhre ausfüllenden Kathode gehen nach Goldstein bei tiefen Drucken außer dem sichtbaren zentralen Bündel am Rande noch andere Strahlenbündel aus, die die Glaswände zur Fluoreszenz bringen. A. Wehnelt fand, daß diese Strahlen einen nach der Glaswand gekrümmten Verlauf nehmen, und ist der Ansicht, daß sie wahrscheinlich durch das im Glimmlicht vor-

Fig. 2.

handene ultraviolette Licht veranlaßt werden[3]). Da diese Randstrahlen nicht den ganzen Kathodenfall durchlaufen, so müssen sie eine kleinere Geschwindigkeit besitzen als die zentralen Strahlen. Wehnelt brachte in der Entladungsröhre neben der verstellbaren Kathode eine feine seitliche Öffnung

[3]) Verh. d. Deutsch. Phys. Ges. **14**, 832 (1912).

an, durch welche die Randstrahlen in ein die Entladungsröhre umgebendes Kugelrohr eintraten, wo ihr Verlauf auf einem Leuchtschirm, den sie streifend trafen, sichtbar gemacht wurde. Durch Verschieben der Kathode ließ sich feststellen, daß die Strahlen von der Kathode bis nahe am Rande divergent nach allen Richtungen ausgehen (Fig. 2). Um das Geschwindigkeitspotential V der Strahlen zu bestimmen, wurde der Krümmungsradius ϱ eines Strahlenbündels in einem bekannten Magnetfeld H gemessen; es ist dann $V = {}^1/_2\, e/m\, \varrho^2 \cdot H^2$, wobei $e/m = 1{,}76 \cdot 10^7$ genommen wurde. ϱ wurde aus der photographierten Bahnkurve mit der Lupe bestimmt. Außerdem wurden die Potentiale auch noch direkt mit einer durch die Öffnung O eingeführte Sonde mit einem Braunschen Elektrometer gemessen. Die beiden so erhaltenen Werte waren in befriedigender Übereinstimmung. Aus ihnen ergab sich, daß die Strahlen mit immer geringeren Geschwindigkeiten von der Kathode ausgehen, je näher ihre Ausgangsstelle dem Rande derselben zuliegt. *Schk.*

3. Geschichte und Erkenntnislehre.

Die absolute Temperatur[1]). Es gab in der Physik eine Zeit, wo es als crimen laesae magestatis angesehen wurde, wenn jemand die Absolutheit der sogenannten absoluten Maße anzuzweifeln wagte. Jetzt ist man ja so ziemlich allgemein überzeugt, daß die sogenannten absoluten elektrischen Maße recht voller Willkürlichkeiten stecken. Um so verdienstvoller ist die Arbeit des Herrn Burkhardt, welche die Aufmerksamkeit auf die Willkürlichkeiten der sogenannten absoluten Temperatur wieder hinlenkt.

Der Begriff der Temperatur ist gegeben durch diejenigen Sinneswahrnehmungen, welche wir durch die Wörter heiß, warm, lau, kühl, kalt und ähnliche bezeichnen. Diese Sinneswahrnehmungen sind aber Täuschungen unterworfen, und deshalb suchen wir nach einem Maß, welches zwar mit ihnen übereinstimmt, aber hiervon frei ist. Die Geschichte der Thermometrie hat die Änderungen des Volumens als Maß gewählt, und vor ungefähr 100 Jahren haben gleichzeitig Gay-Lussac und Dalton in den Gasen Stoffe gefunden, deren Volumenänderung bei konstantem Druck oder besser noch deren Druckänderungen bei konstantem Volumen ein recht gutes Maß für die Temperatur ergeben.

Die Art, wie Dalton den gemessenen Drucken des Gases die Temperaturzahlen zuordnet, führt, wenn man streng vorgehen will, auf den Differentialquotienten des natürlichen Logarithmus, und da dieser vor 100 Jahren den Experimentalphysikern nicht geläufig war (die Anwendung der Differentialrechnung in den Gebieten der Physik außerhalb der Mechanik ist ja noch recht jung), so wurde allgemein Gay-Lussacs Zählung angenommen und Daltons geriet in Vergessenheit.

Um die Mitte des vorigen Jahrhunderts zeigten die Versuche von Magnus u. a., daß die Übereinstimmung, welche Gay-Lussac und Dalton für sämtliche Gase behauptet hatten, nur in der Ungenauigkeit ihrer Messungen beruhe, und daß jedes Gas eine besondere Temperaturskala ergebe. Deshalb versuchte William Thomson, der spätere Lord Kelvin, in einer seiner ersten Arbeiten eine von allen Eigenschaften eines Stoffes losgelöste, absolute, ausschließlich auf Gesetzen der Wärmelehre aufgebaute Temperaturskala zu geben.

„Die charakteristische Eigentümlichkeit „der Skala, welche ich jetzt vorschlage, ist „die, daß alle Grade denselben Wert haben, „d. h., daß eine Wärmeeinheit, die von einem „Körper A mit der Temperatur T^0 dieser „Skala auf einen Körper B mit der Tem„peratur $(T—1)^0$ übergeht, denselben Effekt „hervorbringt, welches auch immer die Zahl „T sei. Dies kann mit Recht eine absolute „Skala genannt werden, da ihr charakte„ristische Zug gänzlich unabhängig ist von „den physikalischen Eigenschaften einer spe„zifischen Substanz."

Bei seinen Bemühungen, die Temperaturzahlen dieser Skala zu berechnen, kam er zu Zahlen, welche mit denen der üblichen gar keine Ähnlichkeit hatten. Wäre die Skala Daltons nicht so ganz in Vergessenheit geraten gewesen, so würde er die Verwandtschaft seiner Skala mit dieser leicht erkannt haben. So aber gab er diese Definition vollständig auf und ersetzte sie eine Reihe von Jahren später durch die folgende:

„Wenn irgendeine einem vollkommen „umkehrbaren Kreisprozeß unterworfene Sub„stanz an einem auf konstanter Temperatur „erhaltenen Orte Wärme aufnimmt und an

[1]) Ein Beitrag zur Geschichte der Wärmelehre. Von F. Burkhardt. Realgymnasium zu Glauchau. Ostern 1912. Pr.-Nr. 788.

„einem anderen ebenfalls auf konstanter Temperatur erhaltenen Ort Wärme abgibt, so „sind die Temperaturen dieser Orte proportional den im Kreisprozeß aufgenommenen „bzw. abgegebenen Wärmemengen."

Man erkennt ohne weiteres, daß diese Definition der inzwischen von Clausius mit Hilfe der Gay-Lussacschen Skala abgeleiteten Gleichung $Q_1/Q_2 = T_1/T_2$ angepaßt ist.

Diese Definition gibt nur Temperaturverhältnisse. Um zu bestimmten Zahlen zu gelangen, muß Lord Kelvin noch eine weitere Festsetzung treffen. Er hält die beiden folgenden für vorteilhaft: Die Temperatur des schmelzenden Eises wird zu 273° angenommen, oder der Temperaturunterschied des siedenden Wassers und schmelzenden Eises wird zu 100° angesetzt. Er entscheidet sich für das letztere, und ihm erwächst nun die Aufgabe, die Temperatur T des schmelzenden Eises so zu bestimmen, daß die des siedenden Wassers $T+100$ wird.

Burkhardt bespricht in der vorliegenden Programmabhandlung eine ganze Reihe von Arbeiten, welche diese Aufgabe zu lösen versuchen und führt dabei Zahlen an, welche zwischen 273,0 und 276,9 schwanken. Bedenkt man, daß diese Zahl in die Gaskonstante eingeht, und daß hiervon wiederum die Differenz der beiden spezifischen Wärmen der Gase usw. abhängt, so begreift man die Wichtigkeit dieser Arbeiten, andererseits aber auch das Nachteilige einer Skala, welche solche Schwierigkeiten mit sich bringt. Als wahrscheinlichsten Wert gibt Burkhardt 273,10.

Um die Durchführung der ersten Definition Lord Kelvins zu ermöglichen, vergleicht Burkhardt jetzt die Gay-Lussacsche Skala mit der Daltonschen. Die erstere ist für konstantes Gasvolumen festgelegt durch die Gleichung

$$dt = \alpha_g \frac{dp}{p_e},$$

wo α_g ein Zahlenfaktor und p_e der Druck der eingeschlossenen Gasmenge beim Schmelzpunkt des Eises ist. Sie ergibt die bekannte Gasgleichung

$$p v = p_e v_e (1 + \alpha_g t) = R_e T.$$

R_e ist, wie schon oben gesagt, durch den Schmelzpunkt des Eises bestimmt.

Die Daltonsche Skala ist gegeben durch die Gleichung

$$dt = \alpha_d \frac{dp}{p},$$

wo p der gerade vorhandene Druck ist. Sie ergibt

$$p v = p_a v_a e^{\alpha_d (t - t_a)} = B_a e^{\alpha_d (t - t_a)}$$

wo B_a der der willkürlich gewählten Anfangstemperatur t_a zugehörige Wert des Produktes $p_a v_a$ ist.

Diese Skala läuft von $-\infty$ bis $+\infty$, während die gewohnte von -273 bzw. 0 bis $+\infty$ läuft. Die Grade einer von beiden Skalen müssen also in verschiedenen Gebieten verschiedene Länge haben. Nimmt man als Maßstab für die Beurteilung der Gleichheit der Grade das Volumen eines idealen Gases beim Schmelzpunkt des Eises, so sind die Grade der Gay-Lussacschen Skala überall gleichlang, während die der Daltonschen nach der Kälte hin immer kürzer werden. Nimmt man dagegen für diesen Maßstab die Verwandlung von Wärme in Arbeit, also eine rein thermodynamische Bedingung, „ganz unabhängig von den physikalischen Eigenschaften einer spezifischen Substanz", so sind die Grade der Daltonschen Skala durchgängig gleichlang, während die Gay-Lussacs nach der Kälte immer länger werden. Gay-Lussac läuft, je kälter es wird, mit immer größeren Schritten.

Man hat sich jetzt dem sogenannten absoluten Nullpunkt, d. h. der Temperatur $-273°$ nach Gay-Lussac, bis auf wenige Grade genähert, und es sind nicht wenige Physiker, welche gemeint haben, man würde ihn in kurzer Zeit vollständig erreichen. Jetzt hat nun Nernst nachgewiesen, daß er durch keinen endlichen Prozeß, d. h. überhaupt niemals, zu erreichen ist Würde man die Daltonsche Skala gewöhnt sein, so würde man diesen Satz für selbstverständlich halten, weil dort dieselbe Temperatur die Bezeichnung $-\infty$ trägt.

Als Lord Kelvin seine erste Definition einer absoluten Temperaturskala gab, erkannte er den Energiesatz noch nicht an; in einer Fußnote lehnt er ihn, als noch nicht hinreichend bewiesen, ab. Indem Schreber mit ihm die erste Definition Kelvins vervollständigt, erhält er: „die Differenz der Temperaturen zweier Körper A und B, von denen A die „wärmere Temperatur habe, soll 1° betragen, „unabhängig, in welchem Teile der Skala „die Differenz liegt, wenn mit dem Übergang „der Wärmeeinheit auf den Körper B vermittelst eines umkehrbaren Kreisprozesses „zwischen A und B die Verwandlung der „Wärmeeinheit in Arbeit verknüpft ist".

Diese Skala hat zur Daltonschen dieselbe Beziehung wie die von Lord Kelvin

selbst durchgeführte thermodynamische zur zur Gay-Lussacschen.

Von den Vorzügen, welche diese Skala bietet, führt Burkhardt in erster Linie an, die bequeme auf rein mathematischem Wege sich ergebende Verallgemeinerung der Gasgleichung für wirkliche Gase, welche sofort eine sehr gut stimmende Formel für den Joule-Thomson-Effekt gibt, ohne daß irgendwelche Hypothesen nötig sind. Um die Wärmeeinheit von t^0 bis $(t+1)^0$ dieser Skala zu erwärmen, ist definitionsgemäß eine der Wärmeeinheit äquivalente Arbeit nötig, um sie von der Temperatur $-\infty$ bis in endliche Temperaturen zu erwärmen, also eine unendliche Arbeit, d. h. der sogenannte absolute Nullpunkt der Gay Lussacschen Skala ist nicht zu erreichen.

Nachdem Burkhardt die 4 behandelten Temperaturskalen auf den Grad ihrer Absolutheit hin verglichen hat, führt er aus den Kritiken, welche die Schrebersche Skala gefunden hat, folgenden Satz an: „Die geometrische Skala der Schreberschen „oder Daltonschen Form hat etwas Ver„führerisches gegenüber der arithmetischen „oder galileischen; sie besagt, daß sich für „eine bestimmte Temperaturveränderung eine „gewisse Eigenschaft (Volumen, Spannung „usw.) um den und den Bruchteil ihres augen„blicklichen Wertes ändere, und es wird „kaum jemand zu allen Zeiten von dem „Gefühl frei geworden sein, daß eine solche „Vorstellung mehr befriedigt. Aber begründet „ist es durch nichts, und es muß geradezu „als ein Vorzug der arithmetischen Skala „bezeichnet werden, daß sie solchen Vor„stellungen keinen Einfluß gestattet.“

Herrn Burkhardt hat mit vollem Recht „dieser Schlußsatz eigentümlich berührt. Wenn „die geometrische Skala sonst keine Nachteile „der arithmetischen gegenüber besitzt, so sehe „ich nicht ein, weshalb bei der Wahl zwischen „zwei sonst gleichwertigen Objekten dem „der Vorzug gegeben werden soll, das dem „menschlichen Gefühl am wenigsten ent„gegen kommt“.

Wie wichtig es ist, dem menschlichen Gefühl möglichst entgegenzukommen, dafür ein Beispiel aus dem so vorzüglichen Lehrbuch von Chwolson. Dort lesen wir Seite 503 unten: „Es ist leicht einzusehen, daß die „Temperaturen $T_1, T_2 \ldots T_{99}$, die wir zwischen „T_0 und T_{100} eingesetzt haben, nicht etwa „gleichweit voneinander abstehende „Temperaturen sind, denn wir haben offenbar

$$„ \quad \frac{T_{100}}{T_{99}} = \frac{T_{99}}{T_{98}} = \ldots \frac{T_1}{T_0}.$$

„Die Differenzen $T_{100} - T_{99}$, $T_{99} - T_{98} \ldots$ sind „also nicht untereinander gleich.“

Wenige Zeilen später lesen wir trotzdem: „Angenommen, es seien $T_1, T_2, T_3 \ldots$ gleich„weit voneinander entfernte Tempera„turen, z. B. ganze Grade dieser Skala usw.“

In anderen weniger vorzüglichen Büchern kann man leicht derartige, durch den Widerspruch mit dem menschlichen Gefühl veranlaßte Versehen, ja auch schlimme Fehler finden. *Dr. K. Schreber.*

4. Unterricht und Methode.

Das physikalische Anfängerpraktikum an der Universität. Über die Organisation dieses Praktikums im Göttinger physikalischen Institut macht A. Bestelmeyer in der *Physikal. Zeitschr. 1913, S. 83—84* Mitteilungen, aus denen hervorgeht, daß man mit Rücksicht auf die wachsende Zahl der Teilnehmer auch an der Hochschule ähnliche Wege einschlägt wie die an einer Reihe höherer Schulen bereits zur Regel gewordenen. Man läßt die Praktikanten erstlich paarweise arbeiten. Zugleich aber sind die 24 Teilnehmer der betreffenden Abteilung in Gruppen zu je 8 geteilt; sie arbeiten gleichzeitig in zweimal 2 Stunden wöchentlich. Nur in der ersten Doppelstunde führen alle Praktikanten dieselben Linear- und Flächenmessungen an einer Diapositivplatte aus (wobei Zehntel- und Genauigkeitsschätzung, Parallaxe infolge der Deckglasdicke usw. in Betracht kommen) Sodann aber tritt eine Teilung in drei Gruppen von je acht Teilnehmern ein. Jede Gruppe erhält eine für je 4 Doppelstunden berechnete Aufgabegruppe (A, B, C) zugeteilt. Nach Ablauf dieser Zeit und abermals nach weiteren vierzehn Tagen treten zyklische Vertauschungen der drei Aufgabengruppen ein. Dann folgen in analoger Weise drei weitere Aufgabengruppen (D, E, F). Es arbeiten also immer 8 Teilnehmer „in gleicher Front“.

Die erwähnten Aufgabengruppen sind folgende:

A 1 Thermometer-Fixpunkt-Prüfung (8),
A 2 Spezifische Wärme, Mischungsmethode (8),
A 3 Schmelzwärme des Eises (8); Lösungswärme des Salmiaks (8),

A 4 Hydratationswärme des Chlorcalciums (8),
B 1 Spezifische Gewichtsbestimmungen mit der Nicolsonschen Senkwage (4),
B 2 und 3 Wage (8),
B 4 Mohrsche Wage (2); spezifisches Gewicht nach der Schwebemethode (8),
C 1 Pendel (8),
C 2 Prüfung des Boyleschen Gesetzes (4),
C 3 Volumenometer (4),
C 4 Gasdichte aus Ausströmungszeit (Bunsen) (4),
D 1 Gasdichte durch Wägung (4),
D 2 Dampfdichte nach Dumas (4),
D 3 Dampfdichte nach V. Meyer (4),
D 4 Molekulargewichtsbestimmung durch Gefrierpunktserniedrigung (4),
E 1 Innere Reibung von Flüssigkeiten (8),
E 2 Kapillarkonstante (8),
E 3 Bestimmung von $\frac{C_p}{C_v}$ nach Clement und Desormes (4),
E 4 Kundtsche Staubfiguren (4),
F 1 und 2 Elastizitätsmodul durch Dehnung (2) und Biegung (2),
F 3 Torsionsmodul (4),
F 4 Mechanisches Wärmeäquivalent (4).

Die eingeklammerten Zahlen bezeichnen die Zahl der vorhandenen Apparate. Ein großer Teil der Aufgaben wird also von den Praktikanten einzeln ausgeführt; bei den andern Aufgaben wird paarweise gearbeitet.

Zu Beginn des Semesters erhalten die Praktikanten ein autographiertes Heft, welches nicht als Ersatz eines Lehrbuchs oder Leitfadens dienen soll, sondern einerseits die Stellung der speziellen Aufgaben, die Hinweise auf die betreffenden Kapitel in Kohlrausch und Wiedemann-Ebert und die Anweisungen zur Benutzung der speziellen Apparate, soweit sie nicht aus den Lehrbüchern zu ersehen ist, enthält, andererseits den Studierenden durch meist in Frageform gehaltene Bemerkungen auf beachtenswerte Beobachtungen und Gesetze aufmerksam macht. Der Umstand, daß die Aufgabengruppen möglichst systematisch aufgebaut sind, und daß innerhalb der Gruppe die Aufgaben stets in derselben Reihenfolge aufeinanderfolgen, ermöglicht auch eine didaktisch zweckmäßigere, unnötige Wiederholungen vermeidende Abfassung der einzelnen Anweisungen, als dies sonst bei der meist mehr oder weniger willkürlichen und wechsenden Aufeinanderfolge der Aufgaben der Fall ist.

Den Hauptvorteil der beschriebenen Organisation erblickt der Verfasser mit Recht darin, daß viele Erläuterungen an die acht parallel arbeitenden Praktikanten gleichzeitig gerichtet werden können, und daß der Leiter des Praktikums die gewonnene Zeit vollständig der individualisierenden Beaufsichtigung und Belehrung der Studierenden widmen kann. Der Nachteil andererseits, der in der Starrheit des einmal angenommenen Schemas liegt, kann jederzeit durch Abgehen von diesem Schema in geeigneten Fällen beseitigt werden, soweit es die vorhandene Apparatur und die Zeit des Praktikumleiters ermöglichen.

Zu der angegebenen Auswahl der Übungen wird noch bemerkt, daß sie stark durch die Knappheit der verfügbaren Mittel beeinflußt war. Für Beschaffung von 4 Wagen nebst Gewichtssätzen wurden 600 M ausgegeben, im übrigen wurden die Apparate mit möglichst geringen Kosten unter beschränkter Heranziehung des Institutsmechanikers hergestellt. Dabei ergab sich von selbst noch der große didaktische Vorteil, daß man Aufbau und Zusammensetzung der Apparate den Praktikanten überlassen konnte, wie dies auch bei den praktischen Übungen an höheren Schulen die Regel zu sein pflegt. *P.*

5. *Technik und mechanische Praxis.*

Flammenlose Gasfeuerung. Ein hierauf beruhendes neues Heizverfahren haben unabhängig voneinander Prof. William A. Bone und Rudolf Schnabel erfunden. Zur Verwertung dieser Erfindungen haben sich zwei Gesellschaften, die Radiant Heating Co. in Leed und die Thermotechnische Gesellschaft in Berlin, gebildet.

Während bei den gewöhnlichen Gasfeuerungen die Mischung von brennbarem Gas und Luft erst allmählich längs des langen Flammenweges erfolgt, wird bei dem neuen Verfahren zuerst die Mischung beider hergestellt, und diese dann an der heißen Oberfläche eines glühenden Körpers verbrannt. Die Vorteile dieses Verfahrens bestehen in der vollständigen Verbrennung bei verschwindend geringem Luftüberschuß ($2\frac{1}{2}$ % genügen), in der erreichten hohen Verbrennungstemperatur, dem raschen Lauf der Verbrennung, minimalem Strahlungsverlust und überaus rascher Übertragung der Wärme auf die zu erhitzen-

den Räume und Stoffe. Einzelne dieser Vorteile lassen sich nur durch das Auftreten von Explosionswellen und durch die Tatsache erklären, daß glühende feste Körper ein größeres Wärmeausstrahlungsvermögen haben als glühende Gase und auch als helleuchtende Flammen. Die nachstehend beschriebenen Einrichtungen sind hauptsächlich den von Bone herrührenden ausführlichen Mitteilungen entnommen.

Die einfachste Einrichtung dieser Art ist die Diaphragmenfeuerung (Fig. 1). Sie besteht aus einem Gassammelkasten, dessen eine Wand aus porösem, feuerfestem Material hergestellt ist. Diese Wand ist vollkommen dicht in den Gassammelkasten eingesetzt, so daß das Gasgemisch durch die Poren dieser Platte passieren muß und nicht daneben herausbrennen kann.

Fig. 1. Fig. 2.

Um den Diaphragmen-Heizkörper in Betrieb zu setzen, läßt man zunächst nur Gas (beispielsweise Leuchtgas) in den Gaskasten eintreten, worauf sich das durch die Poren der Heizplatte entströmende Gas entzündet und mit langer Flamme brennt. Läßt man nun allmählich Luft zutreten, so verkürzt sich die Flamme mit wachsender Beimengung von Verbrennungsluft immer mehr, bis sie endlich ganz verschwindet. In diesem Augenblick hat die ganze Diaphragmenoberfläche ein bläuliches Ansehen. Bald werden jedoch einzelne Partien rotglühend, so daß die Fläche gefleckt erscheint, und schließlich kommt die ganze Fläche ins Glühen. Die Verbrennung findet nunmehr — ohne jede Flammenentwicklung — in der obersten Schicht des porösen Diaphragmas statt, während der Gaskasten so kalt bleibt, daß man ihn ohne jede Gefahr mit der bloßen Hand berühren kann. Die Schicht des Diaphragmas, innerhalb welcher die Verbrennung stattfindet, hat nur eine Stärke von etwa 3 bis 6 1/2 mm, und dennoch wird vollkommene Verbrennung erzielt. Ein weiterer Vorteil dieses Heizapparates ist, daß sich die Temperatur der Platte durch gemeinsame Änderung der Gas- und Luftzuströmung nach Belieben und in exakter Weise regulieren läßt, und daß die Diaphragmenfläche in jeder beliebigen Stellung Verwendung finden kann. Auch kann die Heizung ebensogut mit Leucht- oder Koksofengas, mit oder ohne Beimengung von Wassergas, wie mit Naturgas, Petroleum-Luftgas, karburiertem Wassergas usw. erfolgen. Doch muß das Diaphragma so porös sein, daß das Gas schon bei einem Überdruck von 3 mm Wassersäule leicht durch dasselbe streichen kann.

Die Diaphragmenfeuerung gestattet die verschiedensten Verwendungsarten. Sie kann zum Backen, Braten und Rösten, wohl auch zur Zimmerheizung in Art der Gaskamine sowie zur Verdampfung von Flüssigkeiten, besonders von gesättigteren Lösungen, mit Vorteil benutzt werden. In letzterem Falle wird die Heizplatte mit der glühenden Fläche nach abwärts über der zu verdampfenden Flüssigkeit angebracht. Die Verdampfung erfolgt dann unter dem Einflusse der Wärmestrahlung von der Flüssigkeitsoberfläche aus leicht und mit besserer Wärmeausnutzung als nach dem alten Verfahren.

Das Gasgemenge kann aber auch statt im Innern einer porösen Heizplatte in einer körnigen Lage feuerfesten Materials zur Verbrennung gelangen, wie beim Tiegelofen (Fig. 2). Der Boden des Ofens ist mit einer Schicht von gekörntem, feuerfestem Material (zerkleinerte feuerfeste Ziegel, Magnesia usw.) bedeckt, auf welche der Tiegel gestellt wird. Den Raum zwischen Tiegel und Ofenwand füllt man mit demselben Material, deckt den Ofen mit einer durchlochten Deckplatte ab, und heizt den Ofen ebenso wie bei der Diaphragmenheizung an, indem man zunächst durch die Öffnung im Boden des Ofens Gas eintreten läßt, das bei seinem Austritte aus der Öffnung am Ofendeckel entzündet wird. Nun wird dem zuströmenden Gase Luft in wachsenden Mengen zugeführt, bis die Flamme verschwunden ist und die Verbrennung im Innern der körnigen Fütterungsmasse vor sich geht. Es gelang, auf diese Weise bei Verwendung von Leuchtgas im Tiegel eine Temperatur von 1880° C zu erreichen, so daß es möglich ist, Platin (Schmelzpunkt 1775°) in derartigen Tiegelöfen zu schmelzen.

Die Hauptschwierigkeit liegt hierbei in der Beschaffung eines passenden feuerfesten

Materials für die Füllmasse sowohl als für die Tiegel, wobei natürlich darauf Rücksicht genommen werden muß, daß die Füllmasse die Tiegel und Ofenwände nicht angreifen darf. Zur Erreichung sehr hoher Temperaturen empfiehlt Bone, die Füllung aus Magnesiabrocken herzustellen, während für niedere Temperaturen (bis 1200° C) zerkleinerte gewöhnliche feuerfeste Ziegel genügen.

In derselben Weise wie Tiegelöfen können auch Muffelöfen geheizt werden (Fig. 3).

Fig. 3.

Hier ist die Muffel allseits in zerkleinertes, feuerfestes Material eingebettet. Bei Versuchen mit kleinen Muffeln (Innendimensionen 24,1×13,3×8,2 cm) ließen sich unter Benutzung von Leuchtgas Temperaturen bis zu 1425° C erreichen. Die Versuche ergaben bei konstanter Temperatur in der Muffel:

Stündlicher Gasverbrauch m³	Temperatur in °C		Temperatur-Differenz
	Muffelmitte	abziehende Gase	
0,595	815°	540°	275°
1,000	1004°	645°	359°
1,218[1]	1055°[1]	—	—
1,642	1205°	870°	335°
2,237	1424°	1085°	339°

[1]) Interpoliert.

Der Brennwert des Gases betrug 4845 Kal. pro Kubikmeter. Zum Vergleiche wurde eine Muffel derselben Dimensionen in einen modernen Gasmuffelofen eingebaut, wobei eine Temperatur von 1055° C bei einem stündlichen Gasverbrauch von 2,983 m³ erreicht wurde. Beim neuen Verfahren wird somit eine Gasersparnis von 59,2% erzielt. Man hat sich jedoch nicht mit Versuchen im kleinen Maßstabe begnügt, sondern auch größere Muffelöfen bis zu 2,44×0,90×0,90 m (innen gemessen) konstruiert.

Die obigen Zahlen ergaben, daß die Abgase den Ofen mit einer Temperatur verließen, die etwa 300° über der des Muffelinnern liegt. Dies führte zu dem erfolgreichen Versuche, die abziehenden Gase zum Vorwärmen der Verbrennungsluft zu benutzen. Auf diese Weise lassen sich auch mit minderwertigen Heizgasen (Mondgas usw.) höhere Muffeltemperaturen erreichen.

Bei den Tiegel- und Muffelöfen erfolgt die Erhitzung von außen. Es lag nun nahe,

Fig. 4.

bei Kesselfeuerungen (Fig. 4) eine Innenheizung zu versuchen, um Wärmeverluste durch Strahlung tunlichst zu vermeiden. Die Konstruktion ähnelt der bei Feuerrohrkesseln. Der liegende, nur etwa 1 m lange, zylindrische Kessel ist in axialer Richtung von Heizröhren durchzogen, die 76 mm lichte Weite besitzen und mit Stücken feuerfesten Materials gefüllt sind, innerhalb dessen das Gasgemenge zur Verbrennung gelangt. An der Stelle, wo Gas und Luft eintreten, sind die Rohre mit durchlochten Tonpfropfen versehen, die eine Erwärmung der vorderen Kesselwand verhindern. Gas und Luft treten in eine vor dem Kessel angebrachte Mischkammer und entzünden sich beim Eintritt in die im Innern glühenden Heizrohre. Die Verbrennung ist nach Passieren der ersten 15 cm Rohrlänge schon vollständig. Die abziehenden Gase passieren noch einen mit ganz ähnlich konstruierten Heizröhren (aber in vertikaler Stellung) ausgestatteten Speisewasservorwärmer und gelangen von da in eine kurze Esse. Der in Fig. 4 dargestellte Versuchskessel enthielt zehn Heizröhren von 0,90 m Länge, während die neun Heizröhren des Vorwärmers nur 0,60 m lang waren.

Zur Heizung diente Leuchtgas von 4845 W.E. Brennwert pro Kubikmeter. Das Gasgemisch trat mit einem Drucke von 439,4 mm

Wassersäule in die Verbrennungsröhren und verließ diese mit einem solchen von 50,8 mm. Da eine Dampfspannung von 7,56 kg pro cm² erreicht wurde, betrug die Temperatur des Kesselspeisewassers 168 ° C. Bei einem stündlichen Gasverbrauch von 28.2 m³ wurden 204,43 kg Wasser verdampft (also bei Atmosphärendruck 105 kg pro Stunde und 1 m² Heizfläche). Die Verbrennungsgase verließen den Kessel mit 230 ° C, den Vorwärmer mit 95 ° C; die Temperatur des Speisewassers wurde hierbei von 5,5 ° auf 58 ° C erhöht. Von der durch die Verbrennung gelieferten Wärme wurden somit 95 % nutzbar gemacht (davon 87,4 % im Kessel und 7,6 % im Vorwärmer). Wir haben also in dem Versuchskessel eine nahezu doppelt so große Wärmeausnützung als in den gewöhnlichen Dampfkesseln, und dabei ist die Verdampfung pro 1 m² Heizfläche mehr als die doppelte von jener bei Lokomotivkesseln.

Fig. 5.

Bei den Skinningrove Iron Works in Cleveland ist im November 1911 ein Dampfkessel des neuen Systems in Betrieb gesetzt worden und hat sich in der Praxis völlig bewährt. Der Kessel (Fig. 5) hat eine Länge von nur 1,22 m bei einem Durchmesser von 3,05 m, ist mit 110 Heizröhren von 76 mm lichter Weite ausgestattet und verdampft stündlich rund 2500 kg Wasser. An der Rückseite des Kessels ist gleichfalls ein Vorwärmer angebracht, aus welchem die Abgase mit einer Temperatur von nur 78° bis 80° C entweichen. Zur Heizung wird das von Koksöfen gelieferte Gas verwendet, und der Hauptunterschied zwischen diesem und dem vorher beschriebenen Versuchskessel besteht darin, daß bei letzterem das Gasgemisch unter Überdruck durch den Kessel gepreßt wird, während es hier mittels eines hinter dem Vorwärmer angebrachten Ventilators angesaugt wird.

Von den konstruktiven Vorteilen des neuen Kesselsystems sei nur die durch rasche Verbrennung und Wärmeübertragung bedingte Kürze des Kessels und die Entbehrlichkeit einer Einmauerung sowohl als einer hohen Esse angeführt. Dies gestattet zugleich eine einfachere Konstruktion und garantiert eiue größere Haltbarkeit des Kessels.

Eine weitere Anwendung des Systemes der flammenlosen Verbrennung kommt dem Bedürfnis der großen Londoner Tageszeitungen, bedeutende Mengen Letternmetalles lange Zeit hindurch flüssig zu erhalten, entgegen. Fig. 6 gibt eine schematische Skizze des Heizapparates. Die Schmelzung des Metalles erfolgt in eisernen Tanks (*a*), die durch eine Umhüllung mit Isoliermaterial möglichst gegen Wärmeverluste durch Ausstrahlung geschützt sind. Das geschmolzene Metall fließt durch ein Ablaufrohr an seiner Oberfläche ab. Die Erwärmung vermitteln eine Reihe vertikal gestellter Heizröhren (*b*), die ebenso dimensioniert und eingerichtet sind wie die der früher besprochenen Dampfkessel. Das Gasgemisch wird durch ein Röhrensystem von *d* aus zugeführt. Bei einem Versuche mit einem solchen Tank wurden stündlich 533,4 kg Blei geschmolzen und hierbei von 15° auf 372° C erwärmt. Der Verbrauch an Leuchtgas betrug 2,83 m³, die abziehenden Verbrennungsgase hatten eine Temperatur von 500°. Der Apparat arbeitete daher mit 68,6% Nutzeffekt. Das erklärt sich

Fig. 6.

einerseits durch die relativ große Wärmeausstrahlung seitens des Apparates, teils daraus, daß die Rauchgase den Apparat mit weit höherer Temperatur verlassen als bei den Kesselfeuerungen.

(Die Naturwissenschaften, 1913 Nr. 1.)

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Zur Geschichte der Wissenschaften und der Gelehrten seit zwei Jahrhunderten, nebst anderen Studien über wissenschaftliche Gegenstände, insbesondere über Vererbung und Selektion beim Menschen. Von Alphonse de Candolle. Deutsch herausgegeben von Wilhelm Ostwald. Leipzig, Akadem. Verlagsgesellschaft m. b. H., 1911. 466 S.

Das Buch bildet den zweiten Band einer Reihe von Schriften, die unter dem Titel „Große Männer, Studien zur Biologie des Genies" von W. Ostwald herausgegeben wurde. Das französisch geschriebene Originalwerk des Genfer Gelehrten ist in 2. Auflage im Jahre 1884 erschienen; es bildet die Grundlage einer neuen Wissenschaft, der Geniologie, und stützt sich vornehmtlich auf statistische Untersuchungen. Es wird darin ausführlich über den Einfluß der Vererbung, der Veränderlichkeit und der Auswahl (Selektion) auf die Entwicklung des Menschengeschlechts und dessen wahrscheinliche Zukunft gehandelt. Der umfangreichste Abschnitt ist der Geschichte der Gelehrten in den letzten zwei Jahrhunderten gewidmet; als Quellen für das Urteil dienen namentlich die Ernennungen auswärtiger Forscher von seiten der Akademien zu Paris, London, Berlin, Petersburg u. a. Dabei zeigt sich, daß im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts Deutschland ein entschiedenes Übergewicht über die anderen Staaten gewonnen hat. Mit großer Umsicht werden die Ursachen auseinandergelegt, welche die Anzahl, die Richtung und den Erfolg der Männer bestimmen, die am Fortschritt der Wissenschaft beteiligt gewesen sind; es wird u. a. auch die Frage der Herkunft großer Forscher erörtert, wobei sich ergibt, daß außerhalb Frankreichs 41% aus der obersten Schicht, 52% aus der Mittelklasse, 7% aus der unteren Schicht stammen; für Frankreich selbst sind die Zahlen 35, 42, 23. Die weitere Diskussion dieser interessanten Resultate möge man in dem Werk selbst nachlesen. Bemerkenswert ist, daß der Verfasser sich auch über die Notwendigkeit einer herrschenden Sprache für die Wissenschaften ausspricht; er sieht das Englische als die Sprache an, die im 20. Jahrhundert herrschen werde, und die bisherige Entwicklung scheint diese Vorhersage zu bestätigen. *P.*

Die Fallgesetze, ihre Geschichte und ihre Bedeutung. Von Dr. H. E. Timerding. Mit 20 Figuren im Text. (Mathematische Bibliothek von W. Lietzmann und A. Witting, Nr. 5). 48 S. Leipzig, B. G. Teubner, 1912. M 0,80.

Die kleine Schrift ist ein ausgezeichneter Beitrag zur Kenntnis der Galileischen Entdeckung der Fallgesetze, um so bedeutsamer, als sie die Darstellung in Machs „Mechanik" in einer sehr wesentlichen Hinsicht berichtigt und ergänzt. Auch aus dieser Schrift geht wieder hervor, daß Galileis Leistung gar nicht hoch genug eingeschätzt werden kann, und daß ihre Bedeutung auch im Unterricht die sorgfältigste Herausarbeitung verdient. Zu dem Abschnitt über den Ausbau und die Bestätigung der Fallgesetze sei bemerkt, daß die Fallmaschine von Atwood schon von dem Deutschen Schober erfunden und bereits 1746 zu Versuchen in einem 200 Fuß tiefen Schacht des Bergwerks Wieliczka bei Krakau benutzt worden ist (d. Zeitschr. *XIII, 202*). *P.*

Hermann von Helmholtz. Von Leo Koenigsberger. Gekürzte Volksausgabe. Mit zwei Bildnissen. Braunschweig, Vieweg & Sohn, 1911. 356 S. M 4,50.

Wir sind nicht reich an solchen Lebensbeschreibungen großer Männer der exakten Wissenschaften, die für weitere Kreise bestimmt sind. Umsomehr ist jede Neuerscheinung dieser Art mit Freude zu begrüßen. Von Helmholtz gibt es allerdings schon in mehreren Sammelbänden gute Biographien*) die mehr oder weniger Leo Koenigsbergers klassisches Werk als Quelle benutzten. Nichtsdestoweniger war es eine verdienstvolle Tat des Viewegschen Verlags, eine Volksausgabe dieses Werkes durch den Verfasser selbst zu veranlassen; denn nur so konnten die in

*) Vgl. diese Zeitschrift, Bd. 24., S. 315: „Große Physiker" von Keferstein, und Bd. 25, S. 122 „Die großen Physiker und ihre Leistungen" von F. A Schulze.

Fachkreisen allbekannten Vorzüge der Koenigsbergerschen Darstellung erhalten bleiben. Diese Vorzüge möchte ich nicht zum wenigsten in der feinen, unaufdringlich subjektiven Färbung suchen, die der Verfasser zwar, wie er im Vorworte sagt, nicht beabsichtigt hat, die sich aber doch von selbst einstellte und seiner Darstellung einen eigenartigen Reiz verleiht, wie er eben nur enger persönlicher Fühlungnahme entspringt. So kommt es, daß das Buch den Leser von der ersten Seite an fesselt, und daß ihm die Persönlichkeit des großen Physikers lebendig vor die Seele tritt. Er weiß nicht, wen er mehr bewundern soll, den genialen Gelehrten oder den großen Menschen, den bei glänzender Begabung und vorbildlichem Fleiße von Entdeckung zu Entdeckung fortschreitenden Jüngling und reifenden Mann, oder den auf der Höhe seines Ruhmes stehenden, von der gesamten wissenschaftlichen Welt hochgefeierten Universitätslehrer und Präsidenten der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt. Daß Helmholtz selbst oft zu Worte kommt, gehört auch zu den Vorzügen des Buches, zumal sich hierbei wieder das feine Verständnis des Biographen für das allgemein Interessierende und den Menschen wie Gelehrten Kennzeichnende kundgibt.

Leo Koenigsbergers Volksausgabe der Helmholtz-Biographie erscheint mir als ein würdiges Gegenstück zu Hildebrands Marmorherme des großen Mannes im Ehrensaale des „Deutschen Museums“ zu München. Beide sind unserem Helmholtz eine schöne und verdiente Ehrung, geschaffen nicht für den engen Kreis der Fachgenossen, sondern für die Gesamtheit aller gebildeter Deutscher. Und wie wir wünschen, daß in Zukunft noch viel mehr Gebildete zu jenem herrlichen Ruhmesmale deutscher Naturwissenschaft und Technik wallfahren mögen, so wünschen wir nicht minder, daß noch viel mehr Gebildete daheim in ihren Bücherschrank Werke stellen und auch fleißig lesen mögen wie die Helmholtz-Biographie von Leo Koenigsberger.

Martin Gebhardt, Dresden.

Der Äther, Geschichte einer Hypothese. Von M. La Rosa. Aus dem italienischen Manuskript übersetzt von K. Muth. 116 Seiten. Leipzig, J. A. Barth, 1912. M 2,50.

In klarer, äußerst einfacher und anziehender Darstellung schildert Verf. die Geschichte unserer Vorstellung vom Lichtäther. Ohne irgendwie tief in physikalische Einzelheiten einzudringen, weiß er die Bedenken Newtons gegen die Undulationshypothese, die allmähliche Überwindung der Emissionshypothese, W. Thomsons Kampf für den Äther und die mechanische Lichttheorie sowie die Bedeutung der elektromagnetischen Auffassung auch Nichtphysikern nach Inhalt und Geschichte verständlich zu machen. Daß bei der Relativtheorie die Anschaulichkeit schließlich verloren geht, kann man nicht dem Verfasser anrechnen; es liegt in der Natur des Problems, das nur in 4 Dimensionen vollständig zu erörtern ist. Hierin liegt auch die nach Ansicht des Verfassers nicht geringe Gefahr, daß dieses auf physikalischem Boden erwachsene Problem allmählich zu sehr in die Hände der Mathematiker gerate. Die Übersetzung scheint sich stellenweise zu eng an den italienischen Wortlaut zu klammern: darauf deuten vereinzelte undeutsch wirkende Sätze und einige Fremdwörter, die in einem uns nicht geläufigen Sinn verwandt werden.

Die erste Hälfte des Buches ist zur Verwendung im Unterricht, etwa als historischer Rückblick auf die Optik, vortrefflich geeignet. Der Anteil der verschiedenen großen Physiker an der Entwicklung der Optik, zugleich aber auch das wechselvolle Werden wissenschaftlicher Erkenntnis überhaupt kann kaum anziehender und verständnisvoller geschildert werden. *W. Vn.*

Die Resonanztheorie des Hörens als Beitrag zur Lehre von den Tonempfindungen. Von Dr. Erich Waetzmann, Privatdozent für Physik an der Universität Breslau. Mit 33 eingedruckten Abbildungen, 162 S. Braunschweig, Vieweg & Sohn, 1912. M 6,—.

Das Buch gibt nach einer die physikalischen Grundlagen betreffenden Einleitung eine Entwickelung der Helmholtzschen Resonanztheorie, die durch die neuesten Forschungen wohl im allgemeinen bestätigt ist, im einzelnen aber mancher Änderungen und Ergänzungen bedurfte. So war Helmholtz noch nicht genau über den Grund der Dämpfung der Resonatoren im Ohre orientiert, auch fehlte es ihm an experimentellem Material, um seine Theorie der Kombinationstöne gegen jeden Angriff sicherzustellen. An der Lösung dieser Fragen hat der Verf. sich durch eigene Forschungen in hohem Maße beteiligt, von denen auch in dieser Zeitschrift mehrfach berichtet wurde. Er war daher wohl berufen, diese Ergänzung des klassischen Helmholtzschen Werkes vorzunehmen. Die Darstellung ist klar und liest sich um so angenehmer, als die nötigen mathematischen Entwickelun-

gen in einem besonderen Anhang zusammengestellt sind. Da das Buch eine vollständige Literaturangabe, namentlich über die neuesten Forschungen, enthält, so wird der Fachmann darin eine reiche Quelle der Belehrung finden.
Schk.

Physik in graphischen Darstellungen. Von Felix Auerbach. 1373 Figuren auf 213 Tafeln mit erläuterndem Text. Leipzig und Berlin, B. G. Teubner, 1912. X und 213 und 28 S. Geh. M 9,—, in Leinw. geb. M 10,—.

Das Werk ist ein Kompendium der „Physik in Kurvenform". Ein solches Unternehmen ist zweifellos von großem Wert, weil Kurven und Bilder für viele eine deutlichere Sprache reden und sich dem Gedächtnis leichter einprägen als Formeln und Worte. Es finden sich in dem Werke eine Menge wohlgelungener Darstellungen, teils vom Verfasser selbst, teils aus anderen Werken übernommen.

Die große Arbeit, die in dem Werke aufgespeichert ist, wird aber leider für den Leser dadurch herabgewertet, daß in den Anmerkungen oft wichtige Angaben fehlen über die Bedingungen und rechnerischen Annahmen, unter denen die Kurven und bildlichen Darstellungen gültig sind. Einige Zeichnungen lassen sogar die Frage offen, ob sie theoretischer Natur sind oder praktische Resultate wiedergeben. Ein einfacher Hinweis auf die Literatur dürfte dem Zweck des ganzen Werkes als Nachschlagebuch wohl widersprechen, da die Abbildung sich meist auch in der angeführten Literatur vorfindet oder sich wenigstens aus dort angegebenen Tabellen leicht herstellen läßt.

Die Abhängigkeit der nördlichen Breite vom Begriffe Stadt in Kurvenform dargestellt sowie ca. 50 ähnliche Kurven erscheinen überflüssig. Ebenso müßten die Dimensionsspielereien in einem wissenschaftlichen Werk fortfallen.

Immerhin ist das Werk als erster Versuch zur Verwirklichung eines guten Gedankens zu begrüßen. *Dr. C. Fischer-Berlin.*

Astronomie in ihrer Bedeutung für das praktische Leben. Von A. Marcuse. (Aus Natur und Geisteswelt Nr. 378.) Leipzig, B. G. Teubner, 1912. M 1,25.

Himmelskunde. Von A. Marcuse. (Wissenschaft und Bildung Nr. 106.) Leipzig, Quelle & Meyer, 1912, M 1,25.

„Die erzieherische Bedeutung der Astronomie", durch die „wichtige Gebiete der Kultur fortdauernd Förderung und Anregung erfahren", und der daher „im Leben des Volkes die gebührende Stellung" zukommt, wird in der ersten Schrift von A. Marcuse in einer Reihe von Vorträgen auseinandergesetzt und durch mannigfache Beispiele erläutert.

Der allgemeine Bildungswert der Astronomie liegt nach Ansicht des Verfassers zunächst in ihren Forschungsmethoden, die „von vorbildlicher Bedeutung für die andern Zweige der exakten Wissenschaften" sind wegen ihrer „mustergültigen Einfachheit und schlichten Durchsichtigkeit". Die Darstellung der einzelnen Anwendungen ist nicht als Lehrbuch gedacht, sondern es wird für Spezielleres auf die wissenschaftliche Literatur verwiesen. Jedoch ist das Meiste, wie der Inhalt des Kapitels über den Zeitdienst und den Kalender, ohne weiteres verständlich. Der Verfasser verfolgt die Anwendungen seiner Wissenschaft bei der Ortsbestimmung auf dem Lande, zur See und im Luftschiff und weist auf die Schwierigkeit exakter Resultate wegen der Polschwankungen hin, deren Verlauf eine kleine Skizze wiedergibt. Er deckt ferner die Fäden auf, die die Astronomie mit den Nachbarwissenschaften der Physik und Meteorologie verbindet, und schließt mit einem für den Physiologen besonders interessanten Abschnitt über den Einfluß der Sinneswahrnehmungen und die zahlreichen Fehler, die sich durch die Unvollkommenheit der Sinneswerkzeuge in die astronomischen Messungen einschleichen können.

Die zweite Schrift gibt nach einem Überblick über die geschichtliche Entwicklung der Astronomie hauptsächlich ein Bild des Planetensystems, ein Kapitel behandelt auch das gesamte Universum mit den Problemen über die Ausdehnung und Bewegung der Fixsternwelt. Trotzdem der Verfasser nur wenig physikalische und mathematische Vorkenntnisse beim Leser voraussetzt, weiß er selbst schwierige Dinge geschickt klarzumachen, dazu gehört die recht gute Darstellung des Zusammenhanges zwischen dem Fall eines Steines und dem des Mondes zur Erde und die Beschreibung der Ungleichheiten in der Mondbewegung. Jedes Kapitel enthält die in der Astronomie so besonders interessanten historischen Angaben; auch Zahlenmaterial fehlt nicht; jedoch leidet unter dem letzteren niemals die flotte Darstellung. Eine große Menge von Tatsachen wird in jedem Abschnitt zusammengetragen, und der Leser

wird auch über die noch schwebenden Fragen der Planetenforschung unterrichtet. Schließlich sei noch auf die zahlreichen Wiedergaben astronomischer Himmelsaufnahmen hingewiesen. *P. Meth, Berlin.*

Mathematische Himmelskunde und niedere Geodäsie an den höheren Schulen. Von Prof. Dr. Bernhard Hoffmann. Mit 9 Figuren im Text. 68 S. (Abhandl. über den mathematischen Unterricht in Deutschland, veranlaßt durch die I. M. U. K., Band III, Heft 4). Leipzig, B. G. Teubner 1912. M 2.—.

Der Verfasser gibt nach einigen einleitenden Bemerkungen über die Einführung der Logarithmen und der trigonometrischen Funktionen ein vollständiges Programm der mathematischen Himmelskunde für die Prima in der Weise, wie er selber diesen Gegenstand nach jahrelanger Erfahrung unterrichtet. Er zeigt, wie die Schüler mit einfachen Apparaten, unter denen auch die photographische Kamera eine Rolle spielt, die meisten wichtigeren Himmelserscheinungen zu beobachten lernen können, damit die Zahlenbeispiele zur sphärischen Trigonometrie auf eigener Anschauung des Schülers beruhen und nicht womöglich noch Widersprüche enthalten wie manche ausgedachten Aufgaben. Ferner sollen Modelle und Himmelskarten durch Anschauen der Natur möglichst vermieden werden. Die Kenntnisse erwerbe der Schüler nicht als Dogma durch den Lehrer, sondern durch Messen und Berechnen. Bei diesem Verfahren wird sich von selber eine Kritik über die Genauigkeit der errechneten Resultate einstellen, die — leider — oft genug auf der Schule unterbleibt. Der Verfasser hat den gesamten Lehrgang der Himmelskunde und Geodäsie mit seinen vom Einfachen zum Schweren fortschreitenden Beobachtungsreihen äußerst sorgfältig durchdacht, und man staunt über die Fülle von interessanten und erfolgreichen Messungen, die er mit Schülern angestellt hat. Ich will nur hervorheben die Bestimmung der Neigung der Sonnen- und Mondbahn gegen den Äquator durch Benutzung eines feststehenden photographischen Apparates, die Ermittelung der Dauer des Sterntages und der geographischen Koordinaten der Schule, die Ausführung einer Triangulation im Gelände.

Wer auf der Universität niemals praktische Astronomie getrieben hat, sollte nicht versäumen, das Büchlein Hoffmanns zur Hand zu nehmen, er wird reiche Belehrung für den Unterricht daraus schöpfen können, da der Verfasser nicht nur ausführliche Ratschläge für die Wahl der Instrumente, sondern auch die Methoden ihres Gebrauches mit der nötigen Ausführlichkeit gibt. Eine erfolgreiche Behandlung der mathematischen Himmelskunde im Sinne der vorliegenden Schrift setzt freilich eine gute Grundlage in der mathematischen Geographie bei den Schülern voraus, damit nicht in der Prima mit der Behandlung der Grundbegriffe zuviel Zeit verloren geht. Andrerseits wird beim Lehrer noch eine gewisse Vertrautheit mit den wissenschaftlichen Grundzügen der Astronomie wünschenswert sein. Der Verfasser gibt selber zu, daß die Ausführung seines Programmes in der großen Stadt aus verschiedenartigen Gründen nicht im vollen Umfange möglich sein wird, aber jeder sollte „die Scheu vor den Meßinstrumenten“ so weit überwinden, um wenigstens einen Teil der anregenden praktischen Aufgaben in Angriff zu nehmen.
P. Meth-Berlin.

Der Mond. Von Franz. Natur und Geisteswelt, Nr. 90. 2. Aufl. Teubner, 1912.

Die ziemlich rasch erfolgte Neuauflage dieses Bändchens hat bewiesen, daß es dem Verfasser in der Tat gelungen ist, eine für den Liebhaber und Fachmann gleich wertvolle kurze Übersicht über die Ergebnisse der Mondforschung zusammenzustellen, für die der vor wenigen Tagen verstorbene Prof. Franz selber eine der ersten Autoritäten war. In dieser 2. Auflage ist ein Abschnitt über die verschiedenen Farben auf der Mondoberfläche neu hinzugekommen; im ganzen ist das Bändchen aber etwas gekürzt worden, z. T. durch Weglassung einiger Formeln und Zahlenangaben in den Tabellen. Die ersten Kapitel enthalten eine populäre Darstellung der Dynamik und Kinematik des Mondlaufs. Sehr anschaulich werden hierbei durch einfache geometrische Überlegungen verschiedene Ergebnisse der schwierigen Untersuchungen der Himmelsmechanik wenigstens qualitativ gefunden, wie die Bewegung der Apsiden und der Knoten, die sogenannten Ungleichheiten der Mondbewegung, die Libration und ihre Auflösung in freie und unfreie Schwingungen. Weiter werden die interessanten Resultate von George Darwin über die Rotation des Mondes erwähnt. Dann kommt die Bedeutung des Mondes im Leben der Menschen und in der Wissenschaft zur Sprache, und die meteorologischen Verhältnisse auf unserm Trabanten führen zu einer Erörterung der Existenz-

bedingungen lunarer Lebewesen. Es folgt dann eine Beschreibung der Mondoberfläche mit erläuternden Abbildungen, und schließlich wird der Leser selber auf den Mond gestellt, und von dort aus wird ihm die Erde und das Planetensystem gezeigt. Zuletzt wird die Geschichte der Mondforschung und die wichtigste Literatur über diesen Himmelskörper zusammengestellt, darunter auch einige phantastische Beschreibungen des Mondes und seiner angeblichen Bewohner. Leider ist Keplers nachgelassenes Werk, der Traum vom Monde, an dieser Stelle nicht erwähnt.

P. Meth-Charlottenburg.

Astronomische Ortsbestimmungen mit besonderer Berücksichtigung der Luftschiffahrt. Von **Leick**. Leipzig, Quelle & Meyer. 1912. 130 S., geb. M 3,50.

Das Buch ist vorwiegend für solche Leser geschrieben, die sich schnell und leicht in die Methoden der Ortsbestimmung einarbeiten wollen, um dieselben praktisch verwenden zu können; die mathematischen Entwicklungen hat daher der Verfasser soweit wie möglich beschränkt. Für diejenigen, welche ohne mathematische und astronomische Vorkenntnisse an den Gegenstand herantreten, wird in der Einleitung die Orientierung am Himmel und die Zeitmessung behandelt. Der Verfasser kommt sodann zum Thema der Ortsbestimmungen, wobei er namentlich in der Aeronautik neuere Methoden zusammenträgt, die in Fachzeitschriften zerstreut waren. Dazu macht er noch sehr ausführliche Literaturangaben; auch an Zahlenbeispielen mangelt es nicht, durch die der Verfasser fast jede Methode zur besseren Einsicht erläutert. Da es besonders in der Luftschiffahrt darauf ankommt, Ortsbestimmungen innerhalb sehr kurzer Zeit ausführen zu können, so muß die Berechnung trigonometrischer Formeln durch geeignete Tafeln bewältigt werden, die sich im Anhange des Buches finden. Einige Abschnitte widmet der Verfasser den graphischen Methoden der Ortsbestimmung, die zuerst als sogenanntes Standlinienverfahren in die Nautik Eingang gefunden hatten und jetzt dem Luftschiffer unentbehrlich geworden sind. Von den mannigfachen Arten der Ortsbestimmung wird auch der jeweilige Anwendungsbereich und ihre Genauigkeit auseinandergesetzt; in einem besonderen Kapitel folgt dann eine Betrachtung über den Einfluß der Messungsfehler auf die Resultate. Die Messungen selber sind zum Teil mit ganz primitiven Instrumenten ausführbar, nur aus Fäden, Stäben und Lot bestehend; es werden aber auch etwas kompliziertere Instrumente der Feinmechanik beschrieben, darunter einige neuere Typen für den Gebrauch im Ballon. Bei diesen wäre allerdings eine Skizze angenehm gewesen. Das Tabellenmaterial ist so umfangreich, daß es für Messungen von geringerer Genauigkeit ausreichen dürfte. Man findet darunter die Abstände der Meridiane auf verschiedenen Parallelkreisen, Angaben über die Kimmtiefe, die magnetische Deklination, die Refraktion und über die gleichzeitigen Höhen einiger Fixsterne.

P. Meth-Charlottenburg.

Radiotelegraphisches Praktikum. Von Dr.-Ing. H. **Rein**. Zweite vermehrte Aufl. Mit 170 Textfiguren und 5 Kurventafeln. Berlin, Julius Springer, 1912. Geb. M 8,—.

Der beste Beweis für die Güte des vorliegenden Buches ist, daß in der kurzen Zeit von etwa $1^1/_2$ Jahren bereits eine Neuauflage erforderlich geworden ist, wobei noch berücksichtigt werden muß, daß es sich hier um ein Spezialgebiet handelt, für welches die Zahl der Interessenten naturgemäß geringer ist als bei Büchern, welche sich mit allgemeineren Gebieten der Physik beschäftigen. Was aber die neue Bearbeitung des Reinschen Buches besonders wertvoll macht, ist, daß in ihm zum erstenmal den modernen Prinzipien für die Konstruktion der Hochfrequenzapparate und den Aufbau der Stationen nach jeder Richtung hin Rechnung getragen ist. Wenn auch den besonderen Zielen des Buches entsprechend auf die gesamte Entwicklung der drahtlosen Telegraphie, wie es etwa Aufgabe eines Lehrbuches ist, nicht eingegangen werden konnte, so stellen doch gerade die kurzen Übersichten, welche den einzelnen Kapiteln vorausgeschickt sind, und welche die Gesichtspunkte für die Konstruktion der verschiedenen Apparate, Kondensatoren, Selbstinduktionen etc. und Stationen enthalten, etwas außerordentlich Wertvolles für den Leser, insbesondere den Fachmann dar. Er findet hier in selten prägnanter Weise alles Wesentliche hervorgehoben, ohne daß, wie es in Lehrbüchern häufig der Fall ist, der eigentliche Kern der Sache durch das allerdings notwendige Beiwerk verschleiert wird. Der Hauptwert des Buches liegt aber in der sehr gründlichen Ausarbeitung und Zusammenstellung der für die heutige Hochfrequenztechnik unentbehrlichen Messmethoden, welche sich mehr und mehr von den rein physikalischen Gesichtspunkten frei gemacht und

den Bedürfnissen der Praxis in erhöhtem Maße Rechnung getragen haben. Gerade dieser Umstand dürfte aber auch geeignet sein, Physiker, welche der drahtlosen Telegraphie bisher ferner gestanden haben, mehr und mehr für dieses neue Gebiet der Hochfrequenzmesstechnik zu interessieren, da es ihnen nach vielen Richtungen hin neue Anregungen geben wird, um so mehr, als die Reinsche Darstellung in manchem Kapitel, z. B. bei Behandlung der Dämpfungsmessungen vielfach neue Wege zur Klarstellung der betr. Vorgänge eingeschlagen hat. Daß es dem Verfasser durch seine Stellung in der Praxis möglich war, auch die neuesten und wichtigsten Erfindungen wie die modernen Vieltonstationen und die Goldschmidtsche Hochfrequenzmaschine auf Grund eigener praktischer Erfahrungen, wenn auch nur kurz und mehr vom meßtechnischen Standpunkt aus zu behandeln, erhöht den Wert des Buches ganz beträchtlich. Es füllt somit nach vielen Richtungen hin eine lang empfundene Lücke in der Literatur über drahtlose Telegraphie aus. Die Ausstattung des Buches insbesondere die Bilder der Apparate und die überaus zahlreichen Schaltungsschemata sind ebenfalls ganz vorzüglich. Für den in der Praxis stehenden Ingenieur sind auch die dem Buche beigegebenen Umrechnungstafeln sehr wertvoll. Es kann dem Buche nur die weiteste Verbreitung gewünscht werden.

Br. Glatzel-Berlin.

Handbuch der praktischen Kinematographie. Von F. Paul Liesegang. Dritte, bedeutend vermehrte Auflage. XII und 477 Seiten, 231 Abbildungen. Düsseldorf, Ed. Liesegang, 1912. M 10,—, geb. M 11,—.

Das Buch behandelt in klarer Darstellung und ohne Vorkenntnisse vorauszusetzen, alles, was für das Verständnis und die Benutzung der Kinematographie zu wissen nötig ist: die physikalischen Grundlagen der Sache, die Einrichtung der verschiedenen Apparatarten unter Hervorhebung ihrer Vorzüge und Mängel, die optische Ausrüstung, die Lichtquellen, das Arbeiten mit dem Apparat in bezug auf Handhabung desselben, Abstellen von Fehlern, Feuersgefahr und Zusammenstellung des Programmes, die Herstellung der Films und mancherlei Kunstgriffe bei der Aufnahme, endlich Sondergebiete der Kinematographie, wie die Wiedergabe schnellster Bewegungen, farbiger und mikroskopischer Objekte, stereoskopische und Röntgen-Kinematographie. Angehängt ist ein ausführliches Literaturverzeichnis, Polizeivorschriften und Sach- und Namen-Register. Das Buch, das in rascher Folge (1907, 1911 und 1912) drei Auflagen erlebt hat, kann warm empfohlen werden. *W. Vn.*

Lehrbuch der Physik für die oberen Klassen der Realgymnasien und Oberrealschulen sowie zur Einführung in das Studium der neueren Physik. Von Dr. H. Boerner. 6. Auflage, neu bearbeitet unter Mitwirkung von Dr. G. Mohrmann, Direktor des R.-G. zu Gera-R. Mit 402 in den Text gedruckten Abbildungen. Berlin, Weidmann, 1911. 509 S. M 6,—.

Leitfaden der Experimentalphysik für Realschulen sowie für den Anfangsunterricht in Oberrealschulen. Von Dr. H. Boerner. 9. Auflage. Mit 194 Abbildungen. Berlin, Weidmann, 1911. 211 S. M 2,40

Die erste Auflage des Lehrbuchs ist im VI. Jahrgang der Zeitschrift (1893) besprochen worden. Den damals erhobenen Einwendungen ist der Verfasser in einer ausführlichen Erwiderung (VII, 196) entgegengetreten. Inzwischen hat das Lehrbuch durch eine Reihe von Auflagen bewiesen, daß es in den Fachkreisen Beifall gefunden hat. Aber auch heute noch darf und muß gesagt werden, daß in ihm die deduktive Seite zu stark betont ist. Der Verfasser glaubt den neueren Bestrebungen dadurch entgegenzukommen, daß er an geeigneten Stellen die betreffenden Paragraphen aus den Büchern von Hahn und Noack anführt, aber das ist eine Äußerlichkeit. Andrerseits ist es jedoch willkommen zu heißen, daß er in einem Anhang eine Reihe wichtiger Ableitungen und Beweise mit Hilfe der Infinitesimalrechnung zusammengestellt hat; dadurch wird auch dem mathematischen Unterricht physikalischer Stoff an die Hand gegeben. Der Stoffumfang ist gegen früher nicht unerheblich vermindert worden. Mit Recht hat der Verfasser seinen Lehrgang darauf zugeschnitten, daß die Elektrizitätslehre nebst Magnetismus erst in *OI* behandelt wird. Diese vom Verfasser bereits 1893 befürwortete Anordnung hat sich seither immer mehr als empfehlenswert, ja als geboten erwiesen und wird auch durch die preußischen Lehrpläne von 1901 zugelassen. Dem entspricht, daß die Mechanik wenn möglich bereits in *OII* einzusetzen hat. Der Verfasser hat demgemäß die Mechanik in zwei Stufen zerlegt, von denen die erste nur die einfachsten Gesetze der Mechanik (§ 1—64), die zweite schwierigere Kapitel aus der Mechanik nebst der Wellenlehre (§ 65—138) enthält. Auch die Lehre vom Licht ist in

zwei Abschnitte geteilt, von denen der erste, die experimentelle Optik, bereits in *OII* erledigt werden kann, während der zweite, die theoretische Optik, der Prima zufällt. Zweckmäßig ist es auch, daß an bestimmten Stellen zur Ergänzung auf den „Leitfaden" oder die „Vorschule" des Verfassers hingewiesen ist. Solche Paragraphen, die im Interesse der Stoffbeschränkung auch wegbleiben können, sind durch Sternchen bezeichnet. Alles in allem genommen, haben wir es mit einem sorgfältig gearbeiteten Unterrichtswerk zu tun, das trotz der angedeuteten Einseitigkeit in der Hand eines methodisch geschulten Lehrers mit Nutzen gebraucht werden kann.

In dem Leitfaden ist besonderes Gewicht auf die streng logische Gliederung des Stoffes nach dem Schema: Versuche, Gesetz, Folgerungen und Bestätigungen gelegt. Daneben sind auch hier und da deduktive Ableitungen eingeflochten. Besonders anfechtbar dürfte, wie schon in der 1. Auflage des Lehrbuchs, die stark deduktiv gefärbte Behandlung der Fallgesetze sein. In der Elektrizitätslehre hat der Verfasser seit der 7. Auflage die Kraftlinientheorie auch für den Anfangsunterricht als Grundlage gewählt. Das, was in § 141 als Erklärung der Ablenkung einer Magnetnadel durch den Strom angegeben ist, kann aber nicht von der Brauchbarkeit des Verfahrens überzeugen, auch wenn es die Zustimmung vieler Fachgenossen gefunden hat. Bei der Induktion ist eher eine Verwendung des Kraftlinienbegriffs angängig, weil sie hier rein experimentell gestaltet werden kann und im wesentlichen nur ein Orientierungsmittel über die Art der Wirkungen im Raum darstellt.

Die neue Auflage bedient sich in stärkerem Maße als die früheren der Hervorhebung durch Fettdruck und der Einrahmung besonders wichtiger Sätze. Auf Schülerübungen ist durch vorgesetzte Sternchen bei den dafür geeigneten Versuchen Bezug genommen. *P.*

Neue Lehrbücher für den Unterricht an höheren Mädchenschulen.

Schreiber, **Lehrbuch der Physik für Studienanstalten, Lyzeen und Oberlyzeen.** (In drei Teilen, I für die beiden Kl. II und III d. L. bzw. U III und O III, II B für Kl. I des L., II A für die übrigen Kl. des O.-L. und der St.-A.) Halle, Schroedel 1912. M 2,50; 1,50; 4,75.

K. Sumpf, **Lehrbuch der Physik und Chemie für Lyzeen und Oberlyzeen.** (In zwei Teilen.) Bearbeitet von Hartenstein, Pabst, Hölscher. Hildesheim, Lax 1912. M 2,40; 4,20.

L. Busemann, **Chemie und Physik für höhere und gehobene Mädchenschulen.** (In drei Heften.) Union, Stuttgart-Berlin 1912. M 1,50; 1,40; 1,40.

Von diesen drei Büchern ist nach dem Dafürhalten des Ref. das erste ein wirklich sehr brauchbares, methodisch wie inhaltlich im ganzen einwandfreies Buch. Einige Kleinigkeiten werden ja stets unvermeidlichen Anlaß zu Bedenken geben. So sind mehrere Figuren (z. B. Regenbogen, Drachenaufstieg, Beugungsspektrum) perspektivisch ganz unmöglich. Den einen oder andern Punkt hätte der Verfasser mit Rücksicht auf die Studienanstalten doch wohl noch aufnehmen sollen, z. B. die Lenzsche Regel, ein paar absolute Molekulardaten u. a.; doch ändert das nichts an dem Gesamteindruck, daß das Buch eine reife Frucht langer Unterrichtserfahrung, gründlichen Wissens und sorgfältiger Überlegung und Auswahl sowohl des Stoffes als des Ausdrucks ist. Besonders ist hervorzuheben, daß der Verfasser vielfach auch andeutend auf weiterführende Gedankengänge und Fragestellungen hinweist, so daß dem Lehrer gegebenenfalls die Möglichkeit zu Ergänzungen freigehalten ist, und die Schülerinnen merken, wie viel doch noch hinter dem wenigen steckt, das ihnen die Schulphysik bieten kann. Besonderer Erwähnung bedarf nur, auch mit Rücksicht auf das zweite der genannten Bücher, die Frage der elektrischen Maßeinheiten. Ist es richtig, die Einheiten Ohm und Ampère anscheinend rein willkürlich ($1\,\Omega = 1{,}06$ Siemens, $1\,A \sim 10{,}44$ ccm Knallgas) zu definieren und dann nach Einführung des Volt ($= 1\,\Omega \cdot 1\,A$) das Joulesche Gesetz nur wieder als rein empirische Tatsache anzuführen? Gewiß ist eine exakte theoretische Begründung in der in der Wissenschaft üblichen Weise für die Zwecke der Schule, insonderheit der Mädchenschule, entbehrlich. Allein, warum nicht umgekehrt für das Ω vom Jouleschen Gesetz ausgehen? „$1\,\Omega$ ist der Widerstand eines Leiterstücks, in dem der Strom von $1\,A$ in 1 Sek. 0,24 cal $=$ 1 Joule $= 10^7$ Erg erzeugt." Dann bedarf es nur vorher noch der Definition des A, und die ist bekanntlich mit der Tangentenbussole durchführbar, nachdem man vorher die magnetische Polstärke exakt definiert hat. Vielleicht könnte ja auch zuerst eine rein empirische Definition gegeben werden unter Hinweis auf spätere Begründung, und diese

dann in einem besonderen Paragraphen folgen.

Das zweite der oben genannten Lehrbücher ist eine Bearbeitung des bekannten Knabenschul-Lehrbuchs von Sumpf. Die Chemie hat der eine Herausgeber (Hölscher) hinzugefügt. Leider hat das in der alten Gestalt gar nicht üble Buch gerade dadurch an Wert außerordentlich eingebüßt. Ich will von den kleineren Bedenken ganz absehen, deren Dutzende zu erheben wären, so z. B. daß die Nichtmetalle doch nicht alle entweder fest oder gasförmig sind, daß „Verbrennung“ und „Oxydation“ doch keine gegensätzlichen Begriffe sind usw. Allein, dazu kommen noch eine ganze Reihe viel schwerer wiegender sachlicher wie methodischer Unzulänglichkeiten. So vor allem, daß der Verfasser grundsätzlich Säuren und Basen mit ihren Anhydriden durcheinanderwirft („Säuren = Nichtmetalloxyde, Basen = Metalloxyde“), obwohl er dann schließlich auch mal erwähnt, daß Ätznatron und Kohlensäure eigentlich $NaOH$ und H_2CO_3 sind. Dementsprechend „verbinden“ sich natürlich auch Säuren mit Basen zu Salzen, auch „Säuren mit Metallen“ u. ä. Auch ist es wohl immer ein grundsätzlich nicht gutzuheißendes Verfahren, wenn neue Begriffe, wie „Verbindung“, „Zerlegung“, „Wertigkeit“ u. a. m. statt aus Versuchen oder Einzeldaten abstrahiert, einfach dogmatisch an die Spitze gestellt werden. Auch im physikalischen Teil findet sich das mehrfach, so z. B. bei der „Dielelektrizität“, wo die fragliche Definition noch dazu auf ganz falschen Voraussetzungen ruht. Endlich tritt neben die zahlreichen sachlichen Ungenauigkeiten des chemischen Teils (ich habe bei einer flüchtigen Zusammenstellung zwei volle Dutzend notiert) mehrfach eine so lässige Ausdrucksweise, daß die Schüler dadurch geradezu irregeführt werden. So z.B.: „Quarzsand ist chemisch reine Kieselsäure . . . Enthält er Eisen, so . . .“ (alles in 2 Zeilen!) Oder: „Das entweichende Gas ist Kohlensäure, die aber sogleich in H_2O und CO_2 zerfällt. Das entweichende Kohlendioxyd . . .“ Der physikalische Teil ist erheblich besser als der chemische. Einige auch da vorhandene Unrichtigkeiten oder methodisch bedenkliche Punkte können hier übergangen werden. Protestieren will ich nur noch ausdrücklich gegen die Behauptung: „Natürlich ist es unmöglich, das absolute Gewicht eines Moleküls anzugeben.“ — Die äußere Ausstattung ist sehr gut, einige Figuren (Regenbogen) sind allerdings auch hier perspektivisch falsch. Das Buch bedarf noch einer gründlichen Revision, um mit gutem Gewissen empfohlen werden zu können.

Gänzlich unbrauchbar indessen, geradezu gefährlich für einen gesunden Unterrichtsbetrieb muß das Buch von Busemann genannt werden. Statt aller weiteren Kritik nur eine kleine Blütenlese[1]): Völlig durcheinander gehen überall „Wärme“ und Temperatur: „Zum Verbrennen ist Wärme nötig.“ „In unserem Körper verbindet sich . . O mit C . . Dabei wird auch Wärme erzeugt; man nennt sie (!) die Eigenwärme unseres Körpers. Sie beträgt . . . 37°. Im Fieber atmen wir schneller . . ., deshalb (!) ist der Körper dann wärmer. Auch bei schweren körperlichen Arbeiten . . . . wir werden dann so warm, daß wir schwitzen(!).“ Die Kalorie kommt überhaupt nicht vor. — Ohne jede Vorbereitung heißt es: (Bei der Bildung des Kohlendioxyds) „gehen jedesmal 2 Teilchen Sauerstoff zu einem Teilchen Kohlenstoff. Später heißen die „Teilchen“ dann plötzlich Moleküle. Wie man hierzu kommt, soll die Schülerin vermutlich in der Physik gelernt haben, wo es folgendermaßen heißt: „Zuletzt muß man aber bei der Zerkleinerung an eine Grenze kommen, indem die Teilchen so klein sind, daß jedes nur noch aus einem einzigen Teilchen besteht (!).“ — Ein Gläschen mit Kalkwasser wird an der Luft „nach mehreren Tagen“ trübe (ähnliche Ungenauigkeiten massenhaft). — Unsere Körper, Häuser usw. befinden sich im „unsicheren“ (= labilen) Gleichgewicht. Die „Pferdekraft“ ist ein größerer Maßstab für die Arbeit (= 75 m/kg). Die Erhaltung des Gleichgewichts beim Radfahren beruht darauf, daß „der Körper“, wenn das Rad einmal im Gang ist, „die Drehungsebene beizubehalten sucht“. „Durch Druck wird Wärme erzeugt. Ungeheuer groß ist der Druck der Erdrinde auf das Innere. Daher ist das Erdinnere sehr heiß (!).“ — Der Donner entsteht, weil die vom Blitze getroffenen Luftteilchen alle gleichnamig elektrisch werden, sich abstoßen und so einen leeren Raum erzeugen, in den dann die Luft stürzt.

Das von Busemann verbesserte Kirchhoffsche Gesetz lautet: „Jeder Stoff strahlt in glühendem Zustande dasjenige Licht aus, das er in kaltem Zustande verschluckt.“ Beweis: Schwefel strahlt in glühendem Zustande blaues Licht aus (!), in kaltem Zustande ist er gelb. Cu gibt grüne Flammenfärbung

[1]) Von der Redaktion gekürzt!

und ist kalt rot. (Offenbar sieht also kaltes Baryum auch rot, kaltes Strontium grün aus?). — „Die negativen Elektronen werden von dem einen Magnetpol angezogen, vom anderen abgestoßen.“ Das Angeführte ist nur ein kleiner Bruchteil. In Teil I und III habe ich kaum eine Seite ohne solche bedenklichen Sachen gefunden. Vor dem Buche muß aufs dringlichste gewarnt werden.

Bavink.

Die neue Welt der flüssigen Kristalle und deren Bedeutung für Physik, Chemie, Technik und Biologie. Von Dr. O. Lehmann, Prof. d. Physik a. d. Techn. Hochschule zu Karlsruhe. Mit 246 Abbildungen im Text. 388 S. Leipzig, Akadem. Verlag, 1911.

Des Verfassers Entdeckung der flüssigen Kristalle brachte eine eigenartige Verwirrung in die Wissenschaft, die erst bei ausgedehntem Bekanntwerden der neuen Welt dieser Erscheinungen schwinden wird. Die älteren Beobachtungen und Ansichten des Verfassers waren 1904 in dem Buche „Flüssige Kristalle“ (d. Zeitschr. *XVIII. 56*) schon in ähnlicher Weise wie im vorliegenden Werke zusammenfassend dargestellt worden. Im letzteren sind nun die Entdeckungen der letzten Jahre mitbehandelt, an denen außer dem Verfasser in zunehmender Anzahl andere Forscher beteiligt sind. Die Beifügung der zahlreichen Figuren wurde durch einen Zuschuß der Heidelberger Akademie der Wissenschaften (Stiftung Heinrich Lanz) ermöglicht.

Während in manche Gebiete die Molekulartheorien nur gleichsam mit Widerstreben hineingezogen werden, ist im vorliegenden Werke ein Verständnis der Erscheinungen allein auf genauere Vorstellungen über die Art und das Wirken der molekularen Kräfte aufgebaut. Das Werk gewährt daher zugleich den großen Nutzen, daß es zeigt, wie weit man gegenwärtig überhaupt imstande ist, sich ein Bild von stofflichen Vorgängen mit Hilfe der Molekularvorstellungen zu machen, und andererseits, wie Vieles dabei noch unentwirrbar bleibt.

Schon in seinen Ansichten über Festigkeit und Elastizität tritt der Verfasser den gebräuchlichen Meinungen über anziehende und abstoßende Molekularkräfte entgegen. Zum Verständnis werden bereits hier die molekularen Richtkräfte herangezogen (S. 26). Im Abschnitt über Gestaltungskraft und zusammenfließende Kristalle ist der Verlauf der Entdeckung der letzteren geschildert, die an der so alltäglichen Schmierseife gemacht wurde. Die zahlreichen Abarten dieses Stoffes, besonders Ammoniumoleat, ferner die von Vorländer entdeckten Ester besitzen die Kennzeichen anisotroper Substanzen, die das Polarisationsmikroskop enthüllt, oft auch deutlichen Dichroismus. Während in Kristallen die Moleküle gleichartig sind, werden amorphe Stoffe als Gemenge verschiedenartiger Moleküle aufgefaßt.

Die besonderen Eigenschaften mancher neuen kristallinisch-flüssigen Stoffe, die Einflüsse angrenzender Oberflächen des Glases oder auch fester Kristallschichten (Glimmer), die sogenannten Myelinformen, die Analogien von Wachstum und Bewegung flüssig-kristallinischer Stoffe und lebendiger Zellen werden in getrennten Abschnitten übersichtlich behandelt. Sie bieten eine Fülle der überraschendsten Tatsachen, zu deren Erklärung der Verfasser neben seinen Auffassungen auch die anderen Forscher mitteilt.

Von allgemeinem Interesse ist ferner die in der Einleitung und auch später gegebene Schilderung der Ablehnung, die Lehmanns Entdeckung lange fand. Erst in neuester Zeit tritt ein Wandel ein, und um die Ansichten über die Entdeckung flüssiger Kristalle vollzählig zu machen, treten sogar Stimmen hervor, welche die Sache für längst bekannt und eigentlich selbstverständlich erklären.

Im Schlußkapitel führt der Verfasser den Widerspruch mancher Autoren gegen seine bedeutsame Entdeckung zurück auf eine „Überschätzung der theoretischen, richtige deduktiven Richtung der Physik, welche all Erscheinungen in exakter Weise mathematisch aus wenigen Grunderscheinungen ableiten will. Was zurzeit nicht abgeleitet werden kann, gehört eben nicht zur Physik und darf mit Recht verschwiegen werden. Ich bestreite dieses Recht!“

Auch wertvolle Anleitungen zu Versuchen über Molekularkräfte, künstliche Zellen, Bewegungserscheinungen infolge Adhäsion u. a. können dem Werke entnommen werden.

Rebenstorff.

Photochemische Versuchstechnik. Von Dr. J. Plotnikow, Privatdozent der Chemie in Moskau. Mit 189 Figuren, 50 Tabellen und 3 Tafeln. Leipzig, Akademische Verlagsgesellschaft. 371 S. M 11,—, geb. M 12,—.

Das Buch soll einem Mangel abhelfen, der sich beim Arbeiten in diesem neu aufstrebenden Zweige der Wissenschaft immer fühlbarer herausgestellt hat: Es fehlte bisher an einem Buch, welches alle für photo-

chemische Untersuchungen konstruierten Apparate und ausgearbeiteten Methoden vorführt, in ihrer theoretischen Begründung und praktischen Anwendung erläutert und kritisch würdigt. Ein solches Hilfsbuch will das vorliegende Werk sein, und es erfüllt diesen Zweck nach Ansicht des Ref. so gründlich und vortrefflich, daß es zum unentbehrlichen Ratgeber für alle werden dürfte, die sich in dieses noch jungfräuliche Gebiet einarbeiten wollen, in dem sich bereits ein ansehnliches Material qualitativer Feststellungen angehäuft hat, in dem aber quantitative Messungen erst in relativ geringem Umfange angestellt sind. Das Buch soll kein Leitfaden zum Experimentieren sein, keine Anweisung für ein photochemisches Praktikum. Es ist allerdings in einem starken Abschnitt von ca. 80 Seiten eine große Anzahl von photochemischen Vorlesungsversuchen beschrieben. Diese dürften aber wohl ausschließlich oder in erster Linie für eine Spezialvorlesung über Photochemie auf der Universität geeignet sein und nur zum kleinsten Teil für den physikalischen oder chemischen Unterricht in der Schule in Betracht kommen. Besonderen Wert legt der Verf. auf die Beschreibung der Apparate, die für photochemische Untersuchungen nützlich sein können. Einzelne von diesen finden sich hier zum ersten Male beschrieben.

Von dem Inhalt und der Reichhaltigkeit des Buches wird am besten eine kurze Übersicht über die Kapitel eine Vorstellung geben. Allen Kapiteln sind ausführliche Zusammenstellungen der Literatur beigefügt. Im 1. Teil behandelt der Verf. ausführlich die für photochemische Untersuchungen zur Verfügung stehenden Lichtquellen, die entweder wegen ihrer Lichtstärke (Quecksilberbogenlicht, Metallbogenlicht, Funkenlicht, Kohlenbogenlicht, Nernstlampen) oder wegen besonderer Eigenschaften (gefärbte Gasflammen, Röntgenlampen) Verwendung finden können. Im 2. Teil werden Lichtthermostate besprochen für äußere und innere Belichtung und verschiedene andere Apparate für die Untersuchung der photochemischen Reaktionen, wie z. B. ein Reaktionsapparat aus Quarz für innere, ein ebensolcher für äußere Belichtung, Reaktionsapparate für Sonnenbeleuchtung usw. Im 3. Teil folgen optische Meßinstrumente, erstens für Photometrie, wobei der Reihe nach die Lichteinheiten, die Strahlungsgesetze, die Empfindlichkeit des Auges und verschiedene Photometer besprochen werden, zweitens für Lichtabsorptionsmessungen, bei denen Spektralphotometer, Kolorimeter, Spektrographen und Spektrometer, die Refraktion und die Drehung der Polarisationsebene eine ausführliche Darstellung finden. Nun folgt im 4. Teil die bereits erwähnte Zusammenstellung photochemischer Vorlesungsversuche, die sich auf Lichtreaktionen, Luminiszenzerscheinungen, lichtelektrische Demonstrationsversuche und Demonstrationsversuche von Strahlungserscheinungen erstrecken. Der 5. Teil bringt dann noch auf den Seiten 273—357 photochemische Tabellen, vor allem die Werte von λ, $1\,\lambda$ und n von 2000—8000 Ångstroemeinheiten. *B. Leisering-Berlin.*

A. Sprockhoffs Naturwissenschaften für höhere Mädchenschulen, Lyzeen und Studienanstalten. Auf Grund der Ausführungsbestimmungen über die Neuordnung des höheren Mädchenschulwesens (1908) in Gemeinschaft mit dem Verfasser neubearbeitet von P. Schäfer, Dr. K. Knochendöppel und Dr. Ph. Depdolla. 1. Band: Chemie. VIII und 183 Seiten. Mit 133 Abbildungen. Geb. M 1,75. 2. Band: Physik. VIII und 310 Seiten. Mit 330 Abbildungen und einer Spektraltafel. Geb. M 2,75. Hannover-List, Berlin, C. Meyer (G. Prior).

In dieser Zeitschrift ist vor Jahren die geringe Wissenschaftlichkeit der Sprockhoffschen Lehrbücher getadelt worden. Dieser Mangel ist in den vorliegenden Büchern durch die Umarbeitung im allgemeinen beseitigt worden, wenn auch z. B. jetzt noch die Behandlung der elektrischen Elemente als zu wenig wissenschaftlich bezeichnet werden muß. Ein Vorzug der Bücher ist ihre Lesbarkeit. Ich kann mir vorstellen, daß die Schülerinnen die Bücher gern zur Hand nehmen, auch dann, wenn es von ihnen nicht verlangt wird, und z. B. mit Interesse im chemischen Teil den Abschnitt über den Stoffwechsel im Pflanzen- und Tierkörper lesen. Recht geschickt sind die geschichtlichen Notizen in den Text verwoben: Ich denke an die historischen Versuche über den Sauerstoff von Scheele, Priestley und Lavoisier.

Der Verlag wird gut tun, weniger durchscheinendes Papier zum Druck zu verwenden. *Grabow-Neumünster.*

Alfred Nobel, der Erfinder des Dynamits und Gründer der Nobelstiftung. Eine biographische Skizze von Dr. R. Hennig. Mit 12 Abb. Stuttgart, Franckh (ohne Jahreszahl). 51 S. M 1,—.

Die Erfindung des Dynamits hat so große Wellen geschlagen, daß es wohl gerecht-

fertigt ist, den Lebensgang des Erfinders in einer besonderen Biographie festzuhalten, um so mehr, als sein Charakterbild ein so bestimmtes, seine Schicksale teilweise so typisch sind. In außerordentlich fesselnder Darstellung werden uns geschildert die Erfindung des Sprengöls, die unheilvolle Explosion (1864), die die ganze Fabrikanlage vernichtete, die Erfindung des viel gesicherteren Dynamits (1866) und später des Sprenggummis (1875), sowie die Patentierung des Ballistits, daneben aber auch die persönlichen Schicksale Nobels, seine Übersiedelung nach Paris und San Remo und besonders seine folgenreiche Bekanntschaft mit Berta von Suttner. Daß gerade der Erfinder so mörderischer Sprengstoffe ganz in die Gleise der Weltfriedensfreunde geriet, wird für den Psychologen immer ein interessantes Moment sein. Die beigegebenen kunstvollen Abbildungen — Porträts, landschaftlich interessante Darstellungen der verschiedenen Betriebe u. a. — bilden eine besondere Zierde. Am Schluß findet sich noch eine genaue, sehr lehrreiche Übersicht über die verschiedenen Erteilungen der Nobelpreise, die, wie bekannt, bisher für Deutschland überraschend günstig ausfielen. Die Schrift sei allgemeinerer Beachtung und auch für Schülerbibliotheken empfohlen.

O.

Programm-Abhandlungen.

Über das erste Problem der Dioptrik. II. Materialien zu einer kritischen Geschichte des Problems. Von Hans R. G. Opitz. Wissenschaftl. Beilage zum Jahresbericht des Königsstädtischen Realgymnasiums zu Berlin. Ostern 1912. 23 S. Progr. Nr. 115.

Die Arbeit ist eine Fortsetzung der unter demselben Titel im Jahre 1903 erschienenen Programmarbeit des Verfassers (vgl. die Besprechung in dieser Zeitschr. *XVII*, *54*), behandelt also das Problem, den scheinbaren Ort eines unter Wasser befindlichen Punktes zu bestimmen, und bringt hauptsächlich interessante und wertvolle Materialien zur Geschichte dieses Problems. Sie zeigen an dem Beispiele unseres Problems, daß die geometrische Optik stets ein Tummelplatz für die Mathematiker war, die in ihr schöne Probleme und Resultate fanden, die mathematisch wertvoll und interessant, aber bei ungenügender Berücksichtigung der physikalischen Bedingungen fehlerhaft waren, und ferner, daß solche unrichtigen Resultate sich immer wieder in den physikalischen Lehrbüchern und in zahlreichen Aufsätzen bis in die neuesete Zeit finden, auch wenn ihre Unrichtigkeit, wie es für dies Problem schon in dem vom Verfasser sehr ausführlich zitierten Aufsatze von Beermann im Jahre 1863 geschehen ist, nachgewiesen nnd die richtige Lösung gegeben ist. Solche Arbeiten über ganz spezielle Probleme bleiben ja meist unbekannt oder werden bald wieder vergessen.

In den beiden anderen Abschnitten seiner Arbeit sucht der Verfasser die Einwendungen zu entkräften, die gegen sein Programm von 1903 von der Kritik erhoben worden sind, ohne daß er wesentlich Neues brächte. Er hält an der Anschauung fest, die schon vor ihm Beermann ausgesprochen hat, daß ein Bild des leuchtenden Punktes unter Wasser nur an der Stelle der ersten Brennlinie, also in der Senkrechten zur brechenden Fläche, entstehen könne, weil dort die Strahlendichte unendlich groß von höherer Ordnung ist als an der Stelle der zweiten Brennlinie. Ist das nun auch nicht ein rein mathematischer Grund, der die physikalischen und physiologischen Bedingungen für die Entstehung des Bildes nicht genügend berücksichtigt? Wir haben doch niemals unendlich kleine, mathematische Punkte als Objekte, und selbst dann wäre es unverständlich, wie das Auge bei dem Bau der Netzhaut Linien sollte unterscheiden können, die unendlich dünn von verschieden hoher Ordnung sind. Es lassen sich wohl physikalische Gründe dafür angeben, daß die ersten Brennlinien für das Zustandekommen des Bildes eines ausgedehnten Objektes unter Wasser meist günstiger sind als die zweiten, bei denen auch die Farbenzerstreuung ungünstig wirkt (vgl. meinen Aufsatz in dieser Zeitschrift *IX*, *235*), daß also ein Objekt im Wasser wohl immer senkrecht gehoben erscheint. Die Bilder in vielen physikalischen Lehrbüchern, die unter Benutzung eines ebenen Schnittes durch die Diakaustik den Anschein erwecken, als ob das Bild in der zweiten Brennlinie seitlich verschoben erscheine, sind also jedenfalls irreführend. Ob aber nicht doch auch die zweite Brennlinie unter gewissen Umständen ein Bild ergeben kann, das müßte experimentell entschieden werden. Die vom Verfasser angegebenen Versuche sind jedenfalls nicht beweisend. Auch das, was er im letzten Abschnitte seiner Abhandlung über den Einfluß der Farbenzerstreuung angibt, ist unzureichend. Man

kann aus seinen Angaben nicht recht erkennen, was er beobachtet hat und wie seine Beobachtungen für das Bildproblem zu verwerten sind. *E. Götting.*

Die elektrische Anlage des K.-Wilhelm-Realgymnasiums. Von Professor Dr. Heinrich Rudolph. Städt. K.-Wilhelm-R.-G. zu Coblenz, 1912. 23 S. und 6 Figurentafeln. Pr. Nr. 680.

Die Anlage ist von den Siemens-Schuckert-Werken hergestellt und an den einphasigen Wechselstrom der städtischen Zentrale angeschlossen. Der Wechselstrom von ca. 2800 Volt Spannung und 50 oder 100 Polwechseln pro Sekunde wird durch einen Transformator in Wechselstrom von 120 oder 240 Volt verwandelt und dieser sodann durch Vermittlung eines dreipferdigen Einphasenmotors zum Betrieb einer vierpoligen Gleichstromdynamos für 64 bis 87 Volt bei 25 bis 18,4 Ampere Stromstärke verwandt, die ihrerseits zum Laden einer Akkumulatorenbatterie (Lichtbatterie) dient. Von dieser können wiederum bei geeigneter Schaltung die Unterrichtsbatterien geladen werden, die nur je vier Zellen umfassen und sich auf 2, 4 oder 8 Volt schalten lassen. Für den Unterricht steht hiernach sowohl Starkstrom als Schwachstrom zur Verfügung. Die Regulierung des Starkstroms geschieht durch eine Schalttafel, die Stromstärken von 1 bis 30 Ampere abzunehmen gestattet. Auch kann der transformierte Wechselstrom direkt zu Unterrichtszwecken verwandt werden. Für Schülerübungen eignen sich besonders die von den Akkumulatoren gelieferten Ströme von hoher Amperezahl bei geringer Spannung.

Die Abhandlung enthält weiter noch bemerkenswerte Angaben über den Antrieb des Projektionsapparats mit der erwähnten Lichtbatterie, sowie über die Benutzung eines Spiegelgalvanometers zur Messung von Wechsel- und Gleichstrom, anschließend an die vom Verfasser in dieser Zeitschrift (*XXIV, 341*) gegebene Darstellung; der Verfasser teilt auch einige Korrekturen an dieser früheren Veröffentlichung mit. *P.*

Versammlungen und Vereine.

Verein zur Förderung des physikalischen Unterrichts in Berlin.

Sitzung am 13. Januar 1912. Festsitzung zur Feier des 30jährigen Bestehens des Vereins im großen Hörsaal des physikalischen Instituts der Universität. Herr Prof. Dr. Wehnelt sprach über die Elektronenemission glühenden Kalziumoxyds und damit zusammenhängende Erscheinungen (*diese Zeitschrift XXV, 177*).

Sitzung am 15. Februar 1912. Es wurde beschlossen, daß der Verein zugleich die Obliegenheiten einer Berliner physikalischen Ortsgruppe des „Vereins zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts“ übernimmt. — Herr Masche führte Apparate und Einrichtungen für Schülerübungen vor: Glühlampen für Widerstandsmessungen, Federwagen für Monochordversuche, Aufzeichnung von Stimmgabelschwingungen, Temperaturausdehnung von Stäben, ein Thermoelement, Messung der Stromstärke durch Kompensation mit Normalmagneten, des Leitvermögens von Kupfersulfatlösung. Vorgeführt wurden außerdem 2 Vorrichtungen zur Demonstration stehender Wellen, magnetische Kurven mit Eisenstaub, Schmelzen und Erstarren von Fixiernatron, Brennweitenbestimmung aus der Vergrößerung.

Sitzung am 15. März 1912. Es wurde ein Ausschuß von Vereinsmitgliedern zur Beratung über die in der Unterrichtsphysik erwünschten Formelzeichen gewählt. — Herr Bahrdt führte neue Versuche für Schülerübungen aus der Mechanik und Wärmelehre vor (*diese Zeitschrift XXVI, 1*).

Sitzung am 3. Mai 1912. Herr Volkmann zeigte einfache Schulversuche über sphärische und chromatische Abweichung der Linsen, Astigmatismus, Koma, Bildfeldwölbung, Verzeichnung und Spiegelflecke, sowie die Art, wie diese Mängel behoben werden (*diese Zeitschrift XXV, 201*). — Derselbe führte Versuche vor über die Klangfarbe der Sirenen und sprach über die Erklärung des Sprachrohrs. — Herr Heitchen demonstrierte die Wirkung der Obertöne bei einer Zither.

Sitzung am 21. Juni 1912. Herr Heyne legte ein Schreiben des Vorstandes des „Vereins zur Förderung des Unterrichts in der Mathematik und den Naturwissenschaften“ vor, in dem der „Verein zur Förderung des physikalischen Unterrichts“ als Berliner physikalische Ortsgruppe jenes Vereins anerkannt

wird. Herr Heyne berichtete über die Jahresversammlung des obengenannten Vereins in Halle, namentlich über die dort verhandelte Frage der einheitlichen Bezeichnung physikalischer Formelgrößen. — Herr Böhm zeigte ein Amperemeter mit Spiegel und beschrieb einen Versuch über das Dichtemaximum des Wassers.

Sitzung am 23. August 1912. Herr Heyne sprach über einige Beobachtungen, die er bei der Bewegung von Schleppkähnen auf dem Rhein gemacht hatte. Ferner wurde ein Papiermodell für einen Wirbel gezeigt und eine Anfrage über die Gerykpumpe beantwortet.

Sitzung am 15. November 1912. Herr Bahrdt führte physikalische Schülerübungen aus der Optik vor, die sich in gleicher Front mit einfachen Mitteln anstellen lassen. Er zeigte, wie sich die in Hahns Handbuch beschriebenen Einrichtungen zur Verringerung der Kosten noch abändern lassen. Er verzichtet dabei auf ein optisches Führungsbrett und benutzt an Stelle der Linsenhalter aus Holzleisten zusammengesetzte Stative, die schubleereartig verstellbar sind.

Sitzung am 23. November 1912. Herr F. P. Liesegang (als Gast) gab eine Vorführung optischer Versuchsanordnungen. Die Versuche betrafen: geradlinige Fortpflanzung des Lichts, Lochkamera, Lichtstärke, Brechung, Totalreflexion, Linsenversuche, Linsenfehler, Farbenzerstreuung und -mischung, Fluoreszenz, Phosphoreszenz, ultrarote Strahlen, Absorption, Körperfarben, Mischfarben, Helligkeitskontrast, Interferenz, Beugung, Polarisation.

Sitzung am 29. November 1912. Herr Prof. F. F. Martens sprach im physikalischen Hörsaal der Handelshochschule über die Wirkungsweise der Dynamomaschine. Er entwickelte die Theorie für eine einfache Drahtschleife in einem wechselnden Magnetfelde und zeigte die dabei auftretenden Wirkungen mit Hilfe des Saitengalvanometers. Es wurden demonstriert die Wirkungen eines bewegten oder gedrehten Magnetstabes auf die feste Drahtschleife, die Wirkung des Erdfeldes auf die gedrehte Drahtschleife, die eisenfreie Drahtwickelung als Stator in ihrer Wirkung auf die Schleife als Rotor, Bestandteile einer eisenfreien Maschine, eisenhaltiger Generator mit Gleichstrommotor, eisenfreier Stator mit Schleife als Synchronmotor, Stator mit 2 Segmenten, Trommelanker mit 4 Segmenten. *Schk.*

Mitteilungen aus Werkstätten.

Stecker mit Anschlußklemmen nach Reiff, D. R. G. M.

Von Arthur Pfeiffer in Wetzlar.

Zur Entnahme des Stroms pflegt man Steckdosen oder besonders montierte Klemmen zu benutzen; letztere bieten für den Gebrauch größere Bequemlichkeit als Steckdosen, erfordern aber ziemlich hohe Kosten. Man kann sich aber dadurch helfen, daß man die in die Dosen passenden Stecker mit Klemmen versieht, welche beliebige Drähte aufzunehmen vermögen

Die Figur zeigt einen solchen Stecker in einer Ausführungsform, die alle Anschlüsse schon aus größerer Entfernung erkennen läßt. Diese Form eignet sich daher für Demonstrationen, wenn die Schaltung der einzelnen Apparate ohne Mühe sichtbar sein soll, und ebenso auch für Schülerübungen, wenn der Lehrer schon von weitem die Schaltungen kontrollieren will. Außerdem sind bei dem abgebildeten Stecker sämtliche Kontaktstellen im Innern des Isolierkörpers angebracht, so daß selbst ein zufälliges Berühren derselben ausgeschlossen ist.

Aus dem qnaderförmigen isolierenden Mittelstück des Steckers ragen einerseits die in die Öffnungen der Dose passenden Kontaktstifte heraus, deren jeder in seiner Verlängerung innerhalb des Isolierkörpers drei — oder auch noch mehr — Löcher mit Kontaktschrauben zum Einsetzen von Anschlußdrähten trägt. Auf der anderen Seite des Isolierklotzes sind ebenfalls drei — oder wiederum mehr — Anschlußstellen für Drähte vorgesehen, die von den Kontaktstiften isoliert sind. Es sind also die direkt an die Pole geschlossenen Kontaktsäulen *I* und *II* und außerdem noch drei isolierte Klemmstellen — 3 — zu sofort zu beschreibender Verwendung vorhanden.

Beim Gebrauch des Steckers kann man an je eine Anschlußstelle von *I* und *II* die Klemmen eines Voltmeters schließen, an die anderen Anschlüsse kommen die zu benutzenden Apparate; es fließt dann in den letzteren Strom von gemessener Spannung.

Das Voltmeter bleibt auch beim Apparatewechsel stets am Gebrauchsstromkreis angeschlossen.

Arbeitet man mit Starkstrom, so empfiehlt sich, besonders auch bei Schülerübungen, die Verwendung eines Ampèremeters, um nicht einen unzulässig starken Strom aus der Leitung zu entnehmen, wenn aus Versehen oder Unkenntnis zu geringe Widerstände verwendet werden, oder wenn von den Benutzten zu viel ausgeschaltet wird. Für diesen Fall läßt sich der abgebildete Stecker bequem verwenden: Voltmeter zwischen den Klemmsäulen *I* und *II*, Apparat ev. mehrere solche zwischen den Klemmsäulen *I* und 3, und das Ampèremeter zwischen den Anschlüssen *II* und 3. Arbeitet man mit mehreren Apparaten und Versuchsanordnungen nacheinander, so bleiben Ampèremeter und Voltmeter dauernd angeschlossen, und die neuen Verbindnngen werden immer nur zwischen die Säulen *I* und 3 gelegt.

Die dritte Anschlußsäule 3 gestattet auch noch die Schaltung verschiedener Apparate, z. B. von Glühlampen, elektrolytischen Apparaten usw. in Serien und in Gruppen, um entweder verschiedene Arbeitsplätze mit geringem Strombedarf von der einen Entnahmestelle mit Strom versorgen zu können, oder auch um Parallelversuche mit gleichartigen Apparaten anzustellen. In diesem Falle wird zwischen die Säulen *I* und 3 eine Apparatengruppe geschaltet — der abgebildete Stecker läßt an jeder Säule 3 Apparate parallel schalten —, die zweite Gruppe kommt zwischen die Säulen *II* und 3. Die Gesamtspannung oder auch Teilspannungen können an den betreffenden Säulen mit einem Voltmeter gemessen werden.

Im speziellen Fall läßt sich zwischen *I* und 3 ein Widerstand schalten, zwischen *II* und 3 ein Apparat; auch hier können die Teilspannungen — bei Änderung des Widerstandes — und auch die Gesamtspannung durch entsprechend angeschlossene Voltmeter messend verfolgt werden.

Aus diesen wenigen Anwendungsbeispielen geht die vielseitige Verwendbarkeit des Steckers hervor. Der Apparat ist in seinen verschiedenen Ausführungsformen durch Gebrauchsmuster geschützt. Der Preis beträgt M 7,50 bis M 9,50.

Korrespondenz.

Über die **Verbreitung der Zeitschrift im Auslande** gibt folgende Zusammenstellung Auskunft. Es wurden versandt nach Österreich 317 Exemplare, Ungarn 113, Rußland 87, Holland 48, Nordamerika 36, Schweiz 29, Schweden 26, Japan 19, Dänemark 10, England 9, Italien 5, Belgien 5, Norwegen 4, Frankreich 3, Argentinien, Bosnien, Bulgarien, Rumänien, Spanien je 2, Griechenland, Palästina, Indien je 1 Exemplar. Wieviel Exemplare etwa außerdem noch durch Vermittlung deutscher Buchhandlungen ins Ausland gehen, entzieht sich der Feststellung.

Zu seinem Aufsatz „Vorlesungsversuch zur Autoxydation des Eisens und zur katalytischen Wirkung des Wasserdampfes“ (diese Zeitschr. *XXV*, *361*) erhält der Unterzeichnete von Herrn R. Winderlich in Oldenburg eine interessante Mitteilung, wonach in gewissem Sinne bereits Scheele als ein Vorgänger der dort beschriebenen Beobachtung anzusehen ist. Es heißt in dessen „Chem. Abh. v. d. Luft u. d. Feuer“ § 15b (in Ostwalds Klassikern, Nr. 58, S. 13): „Wird Eisenfeil mit etwas Wasser angefeucht und in einer Bouteille wohl vermacht einige Wochen aufbehalten, so gehet ebenfalls ein Teil Luft verlohren.“ — Es ist wohl nicht nötig, auf die Unterschiede in beiden Versuchsanordnungen und z. T. in den Vorgängen selbst — bei Scheele handelt es sich offenbar nur um reine Rostbildung — ausführlicher einzugehen. *O. Ohmann.*

Zu der Entwicklung von Phosphorwasserstoff aus Phosphor und Kalilauge nach E. Löwenhardt in dieser Zeitschr. *XXV, S. 368* schreibt uns Herr Studienrat Dr. Bissinger in Erlangen, daß er die dort gemachten Angaben bestätigen könne, da er ebenso schon seit dem Jahre 1881 verfahre und ihm dabei noch nichts Unangenehmes passiert sei.

Himmelserscheinungen im April und Mai 1913.

☿ Merkur, ♀ Venus, ☉ Sonne, ♂ Mars, ♃ Jupiter, ♄ Saturn, ☾ Mond, 0^h = Mitternacht.

		April						Mai					
		2	7	12	17	22	27	2	7	12	17	22	27
☿	AR	$0^h\ 7^m$	0. 0	0. 0	0. 8	0.22	0.40	1. 2	1.28	1.57	2.29	3. 6	3.47
	D	+ 3°	+ 1°	− 1°	− 1°	0°	+ 1°	+ 3°	+ 6°	+ 9°	+ 13°	+ 16°	+ 20°
♀	AR	$2^h\ 31^m$	2.30	2.25	2.16	2. 6	1.55	1.45	1.38	1.35	1.36	1.42	1.47
	D	+ 22°	+ 22	+ 22	+ 21	+ 19	+ 17	+ 15	+ 13	+ 12	+ 11	+ 10	+ 10
☉	AR	$0^h\ 45^m$	1. 3	1.21	1.40	1.58	2.17	2.36	2.55	3.15	3.35	3.55	4.15
	D	+ 4,8°	+ 6,7°	+ 8,6°	+ 10.4°	+ 12,1°	+ 13,7°	+ 15,3°	+ 16,7°	+ 18,1°	+ 19,3°	+ 20,3°	+ 21,2°
♂	AR	$22^h\ 20^m$	22.35	22.49	23. 4	23.18	23.32	23.46	0. 0	0.14	0.28	0.42	0.56
	D	− 12°	− 10	− 9	− 7	− 6	− 4	− 3	− 1	0	+ 2	+ 3	+ 5
♃	AR		19.12		19.15		19.17		19.17		19.16		19.14
	D		− 22		− 22		− 22		− 22		− 22		− 22
♄	AR	$3^h\ 56^m$						4.10					
	D	+ 19°						+ 19					
☉	Aufg.	$5^h\ 36^m$	5.24	5.13	5. 1	4.51	4.40	4.30	4.21	4.12	4. 4	3.57	3.51
	Unterg.	$18^h\ 33^m$	18.42	18.50	18.59	19. 8	19.16	19.25	19.33	19.41	19.49	19.57	20. 4
☾	Aufg.	$4^h\ 42^m$	5.28	7.29	14.28	22. 4	2. 9	3.20	4.19	9. 9	16.33	23.22	1. 8
	Unterg.	$13^h\ 48^m$	19.53	1. 7	3.53	4.58	9. 0	15.10	21.39	1.22	2.35	4.32	10.30
Sternzeit im mittl. Mittg.		$0^h\ 40^m\ 45^s$	1. 0.28	1.20.10	1.39.53	1.59.36	2.19.19	2.39. 2	2.58.44	3.18.27	3.38.10	3.57.53	4.17.35
Zeitgl.		$+ 3^m\ 47^s$	+ 2.19	+ 0.56	− 0.19	− 1.26	− 2.21	− 3. 3	− 3.32	− 3.46	− 3.47	− 3.34	− 3. 7

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.

Die Aufgangs- und Untergangszeiten für Sonne und Mond sind mittlere Ortszeiten und gelten für den Parallel von Berlin.

Mondphasen in M.E.Z.	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
	April 6, $18^h\ 49^m$	April 14, $6^h\ 40^m$	April 20, $22^h\ 33^m$	April 28, $7^h\ 9^m$
	Mai 6, $9^h\ 25^m$	Mai 13, $12^h\ 45^m$	Mai 20, $8^h\ 18^m$	Mai 28, $1^h\ 4^m$

Planetensichtbarkeit	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn
im April	unsichtbar	anfangs noch als Abendstern 3 Stunden lang sichtbar, gegen Ende des Monats unsichtbar	unsichtbar	morgens 1¾ bis 2½ Stunden lang sichtbar	abends 3½ bis ¾ Stunden lang sichtbar
im Mai	unsichtbar	¼ bis ¾ Stunden lang als Morgenstern sichtbar, am 30. im größten Glanz	unsichtbar	die Sichtbarkeitsdauer wächst bis auf 3½ Stunden	wird in den ersten Tagen des Monats unsichtbar. Konjunktion am 29.

Eine in Deutschland **unsichtbare, partielle Sonnenfinsternis** ereignet sich am Nachmittag des 6. April. Die Finsternis ist nur im nordwestlichen Teile Nordamerikas und den angrenzenden Meeresteilen sichtbar.

F. Koerber.

Verlag von Julius Springer in Berlin W. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XXVI. Jahrgang. Drittes Heft. Mai 1913.

Die Behandlung der Lichtbeugung bei Schülerübungen in gleicher Front.

Von
Prof. Dr. E. **Maey** in Remscheid.

Die Haupthindernisse, die der Einführung der physikalischen Schülerübungen, insbesondere der Frontübungen entgegenstehen, liegen meist in dem Mangel an Raum und einer genügenden Anzahl gleichartiger Vorrichtungen. Wenn aber Frontübungen wegen dieser ungünstigen Verhältnisse auch nicht in allen Gebieten der Physik durchführbar sind, so sollten sie wenigstens in denen Eingang finden, die diese Schwierigkeiten nicht bieten. Ein Beispiel dafür bietet die Behandlung der Lichtbeugung.

Nun mag wohl dieser Gegenstand von manchem Lehrer selbst auf der Oberstufe der Realanstalten bisher ganz übergangen sein, da er ihn für weniger wichtig hält und die Behandlung der Lichtbeugung in der Schule zu viel Schwierigkeiten zu bieten scheint. Was die Wichtigkeit angeht, so sei hier nur bemerkt, daß jedem aufmerksamen Beobachter in der Natur eine wahre Fülle von Beugungserscheinungen entgegentritt, denen er ohne Kenntnis der grundlegenden Erscheinungen ganz verständnislos gegenübersteht; unter anderem ist das Licht, das uns jede rauhe, nicht spiegelnde, aber beleuchtete Fläche zusendet, gebeugtes Licht. Was endlich die Schwierigkeit der Behandlung betrifft, so liegt diese nur an der Art und Weise, wie die Lichtbeugung bisher in den meisten Lehrbüchern dargestellt wird. Sie verfolgt dort allein den Zweck, durch Feststellung der Lage der Interferenzstreifen des gebeugten Lichtes eine Stütze der Wellentheorie zu sein, sie verfehlt aber ganz und gar das wichtige Bildungsmittel, eine anschauliche Vorstellung von der Fortpflanzung des gebeugten Lichtes im Raume zu entwickeln, wie es bei der Zurückwerfung und Brechung geschieht. Daß jedoch auch die Lichtbeugung in anschaulicher Weise behandelt werden kann, habe ich schon in dieser Zeitschrift[1]) ausgeführt, und diese Darstellung ist auch in der Naturlehre von Höfler-Poske[2]) gegeben worden.

Die folgenden Zeilen sollen nun den Weg zeigen, wie man die zu jener Behandlung nötigen Beobachtungen in gleicher Front ausführen lassen kann. Alle theoretischen Erläuterungen mögen in der genannten Arbeit oder in der Naturlehre von Höfler-Poske nachgesehen werden.

Von eigenen Hilfsmitteln hat jeder Schüler ein Taschenmesser mit einer sauberen und scharfen Klinge, ein rechteckiges Stück blauen Aktendeckel (ca. 10 cm × 10 cm) und eine Lupe mitzubringen. Die Schüler beobachten von ihren gewohnten Plätzen im Lehrzimmer aus. Als gemeinsame Lichtquelle für alle dient am besten ein Auerbrenner, der in der Mitte des Versuchstisches in passender Höhe aufgestellt wird, so daß jeder Schüler nach ihm hin freien Blick hat. Damit die Augen der Beobachter nicht

[1]) 17. Jahrg. 1904, S. 10.
[2]) 3. Aufl., Braunschweig 1911.

durch das von der gegenüberliegenden Wand zurückgestrahlte Licht unnütz gestört werden, empfiehlt es sich, die Lampe nach dieser Seite hin dauernd abzublenden. Die nach den Beobachtern zugekehrte Seite der Lampe ist bei den verschiedenen Beobachtungen in verschiedener Weise abzublenden, worüber bei den einzelnen Versuchen Angaben folgen.

Den Ausgangspunkt bildet die einfachste Beugungserscheinung, die des leuchtenden Schirmrandes. Sie ist besonders wichtig, weil sie uns die Art der Ausbreitung des gebeugten Lichtes im Raume kennen lehrt. Die folgenden beiden ersten Beobachtungen dienen dazu, den Schülern eine unmittelbare Anschauung von dieser Erscheinung zu geben.

1. Versuch: Innere Beugung. (Versuchsanordnung s. Fig. 1.) Die Auerlampe (A) wird bei dieser und der nächsten Beobachtung ohne Glocke und vorderen Schirm benutzt. Jeder Schüler nehme das Taschenmesser mit geöffneter Klinge in die rechte Hand, die Klinge nach oben gerichtet, die Schneide nach rechts, und halte diese in deutlicher Sehweite vor sich in der Richtung nach der Lampe. Die Klinge soll als Beugungsschirm (M) dienen, der das gerade ausstrahlende Licht dem Auge verdeckt. Da die Klinge nur schmal ist, benutzt man zur Verbreiterung dieses Schirmes die flach ausgebreitete linke Hand oder auch das Pappestück (P), das man an den Rücken der Klinge links anlegt. Ist nun dem Auge des Beobachters (O) das direkte Licht der Lampe gerade verdeckt, so blicke er nach der Schneide des Messers. Diese erscheint dann als feine Lichtlinie leuchtend, und zwar sehr hell, wenn die Lichtquelle nur soeben verdeckt ist, also das Licht nur unter einem kleinen Winkel abgebeugt ist; die Lichtlinie nimmt rasch an Helligkeit ab, wenn man das Auge tiefer in den geometrischen Schatten zurückzieht, also unter größeren Winkeln abgebeugtes Licht beobachtet. (MO = deutliche Sehweite, MA = mehrere m.)

A
M
P
O
Fig. 1.

2. Versuch (mit denselben Hilfsmitteln): Äußere Beugung. (Versuchsanordnung s. Fig. 2.) Jeder Schüler verdecke die Lichtquelle soeben mit dem Pappdeckelstück, indem er es mit der linken Hand in deutlicher Sehweite, den einen Rand senkrecht, hält. Mit der rechten Hand halte er diesem nahe gegenüber die Messerklinge, die Schneide nach links gerichtet. Auch jetzt erscheint diese als leuchtende Linie. Das Auge empfängt die außerhalb des geometrischen Schattens des beugenden Schirmes gebeugten Lichtwellen, deren Krümmungsmittelpunkte ebenfalls im Schirmrande liegen. Auch diese Lichterscheinung ist für geringe Beugungswinkel sehr deutlich, nimmt aber für größere Beugungswinkel sehr stark ab. Ist die Schneide mehr oder weniger stumpf, so tritt auch zurückgeworfenes Licht dazu störend auf.

A
M
P
O
Fig. 2.

Da sich die leuchtenden Kanten auch objektiv durch Projektion auf einem Schirm zeigen lassen, so empfiehlt es sich, diese Vorführung hier einzuschalten. Ihre Anordnung habe ich an anderer Stelle[3]) ausführlich geschildert, weshalb ich hier nur auf sie hinweisen will.

Die folgenden drei Versuche erstrecken sich auf die sogenannten Fresnelschen Interferenzerscheinungen des gebeugten Lichtes. (Versuchsanordnung s. Fig. 3.) Für sie braucht jeder Schüler seine Lupe. Die Lichtquelle muß durch einen Blechschirm mit einem Spalt von etwa 3 cm Länge und 1 mm Breite abgeblendet werden. Dieser Schirm muß dicht vor die Auerlampe gestellt werden; die Breite des Auerstrumpfes läßt dann durch den Spalt Licht nach verschiedenen Richtungen dringen, so daß eine Lampe wohl auch für 20 bis 30 Beobachter genügt. Der Lehrer stelle jedoch

[3]) Dieses Heft der Zeitschrift, S. 143, 3. Versuch.

vor den weiteren Beobachtungen fest, ob auch jeder Schüler einen solchen Platz hat, daß er den Auerstrumpf selbst durch den Spalt hindurchleuchten sieht. Außer dem Taschenmesser wird für die folgenden Versuche noch eine besondere Vorrichtung gebraucht, die ohne viel Mühe und Kosten für jeden Schüler durch den Lehrer beschafft werden kann: ein rechteckiges Stück Lederpappe $ABCD$ (Fig. 4) von etwa 2 mm Dicke, 15 cm Breite und 35 cm Länge. In den Ecken A und B einer kurzen Seite wird mit einem Locheisen von 2 cm Durchmesser je ein Loch etwa 1 cm von beiden Rändern entfernt ausgeschlagen. Vom Rande AB aus wird durch das eine kreisförmige Loch als Durchmesser eine Insektennadel von etwa 0,6 mm Dicke gesteckt. Auf das andere Loch werden zwei rechteckige dünne Bleckstückchen (aus Kupfer, Messing oder Aluminium) von 1,2 cm Breite und 2,4 cm Länge so aufgeklebt, daß zwischen ihnen ein Spalt von etwa 0,5 mm Breite bleibt. Haltbarer ist die Vorrichtung, wenn man die Pappe spaltet, die beiden Blechstücke dazwischenschiebt und so in der angegebenen Entfernung voneinander festklebt. (BL = einige cm bis dm.)

Fig. 3.

Fig. 4.

3. Versuch. Jeder Schüler nimmt das Taschenmesser in die linke Hand, die Schneide senkrecht, also parallel zum Spalt vor dem Auerbrenner und nach rechts gekehrt; die rechte Hand hält die Lupe (L). Die Ellenbogen werden zwecks ruhiger Haltung auf die Tischplatte gestützt, die Hände je nach Möglichkeit und Bedürfnis gegeneinander gelehnt. Nun wird zuerst durch die Lupe in der Richtung nach der Lichtquelle visiert und dann die Schneide als Beugungsschirm (B) davorgeschoben, so daß diese mit der Lupe deutlich beobachtet wird. Entfernt der Beobachter jetzt die Lupe um einige Zentimeter von der Schneide in der angegebenen Visierrichtung, so wird zuerst der scharfe Rand des Messers undeutlich, dann aber treten parallel zu ihm mehrere dunkle Linien auf, die erste ziemlich breit und in deutlichem Abstand von der Schattengrenze, die folgenden immer feiner und dichter. Diese Linien werden als Interferenzerscheinungen des gerade fortgepflanzten und des nach außen gebeugten Lichtes erklärt; sie treten überall auf, wo ein einfacher Rand von einer kleinen Lichtquelle beleuchtet wird, auch wenn jener nicht gerade und scharf ist, da diese Interferenzerscheinungen nur unter kleinem Beugungswinkel beobachtet werden.

4. Versuch. Als Beugungsschirm (B) wird die Nadel im Pappeschirm benutzt. Dieser hat eine Höhe von 35 cm, damit er mit der Kante CD auf den Tisch aufgestützt werden kann. Die Lupe wird auf die Richtung „leuchtender Spalt — Nadel" eingestellt, und zuerst der Nadel so genähert, daß man sie deutlich sieht, dann etwas rückwärts geführt. Man sieht jetzt zuerst zu beiden Seiten die aus dem 3. Versuch bekannten Randinterferenzen, sodann aber im geometrischen Schatten Interferenzstreifen in gleichmäßigem Abstande und gleicher Breite. Sie entstehen durch Interferenz der aus dem 1. Versuch bekannten, an beiden Rändern nach innen gebeugten Wellensysteme. Diese Erscheinung ist insofern von klassischer Bedeutung, als zu ihrer Erklärung Thomas Young[4]) zuerst das Interferenzprinzip anwendete und somit die Anerkennung der Wellentheorie anbahnte. Der Umstand, daß Young statt des schmalen Schirmes zwei enge parallele Schlitze in einem undurchsichtigen Schirm benutzte, war zwar für die damalige noch wenig entwickelte Theorie der Beugung von Bedeutung, ändert aber an der Erscheinung der Interferenzen der inneren Beugung nichts.

Auch die Messung der mittleren Wellenlänge bei weißem Licht läßt sich an diese Beobachtung mit einfachen Mitteln als Frontübung anknüpfen. Dazu habe ich

[4]) Phil. Transactions, 1800, 126; deutsch in Gilberts Ann. 22, 346 (1806).

als Ersatz für optische Bänke kleine Holzleisten von 40 cm Länge und $2^1/_2$ cm Breite aus Zigarrenkistenholz zugeschnitten. Diese sind auf einer Seite mit mm-Papier beklebt, das als Maßstab dient; auf einer schmalen Seite sitzen zwei aus demselben Holz hergestellte Reiter mit einem aufgeleimten Korkstück. Auf den einen wird eine Insektennadel von 0,6 mm Dicke als Beugungsschirm aufgesteckt, auf den andern eine von 0,4 mm Dicke, die auf die halbe Länge gekürzt ist, deren oberes Ende also quer abgeschnitten ist. Ihre Dicke benutze ich als Vergleichsmaßstab bei der Messung des Abstandes der Interferenzstreifen. Diese Nadel kann durch Verschiebung der Reiter so eingestellt werden, daß ihre Breite den doppelten Abstand e je zweier Interferenzstreifen deckt. Dann beträgt $e = 0{,}2$ mm. Jetzt kann man auch auf dem mm-Papier den Abstand a der beiden Nadeln (ca. 200 mm) ablesen. Der Abstand der beiden leuchtenden Schirmränder ist $d = 0{,}6$ mm, und als Durchschnittswert der Wellenlänge bei weißem Licht ergibt sich

$$\lambda = \frac{d \cdot e}{a} = \frac{0{,}6 \cdot 0{,}2}{200}\ \mathrm{mm} = 0{,}0006\ \mathrm{mm}.$$

Nachträglich sei noch bemerkt, daß diese einfache Vorrichtung am besten an einem Stativ befestigt wird; ich benutze dazu diejenigen, welche auch für eine Reihe anderer Frontübungen an den Schulbänken befestigt werden können.

5. Versuch. Man benutzt als Beugungsöffnung den auf der Papptafel angebrachten Spalt. Die Schüler haben den Spalt mit der Lupe ebenso zu beobachten wie die Nadel. Beim Abrücken von dem Spalt sieht man die auch früher bei dem 3. und 4. Versuch beobachteten Randinterferenzen, aber wegen der Enge des Spaltes nur in geringer Entfernung getrennt und sehr fein; bei weiterem Abrücken fließen die Interferenzen von beiden Rändern ineinander. Zum Schluß sieht man in der Mitte nur noch einen dunklen Streifen, der endlich auch verschwindet. Gleichzeitig aber treten nun auch im geometrischen Schatten Interferenzstreifen auf, und das ist das Neue bei diesem Versuch. Es sind links Interferenzen der inneren Beugung vom linken Rande und der äußeren Beugung vom rechten Rande, und rechts umgekehrt. Die Beugungserscheinungen hinter einem Spalt sind also, wie man hieraus ersieht, gar nicht so einfach, weder ihrer Erscheinung noch ihrer Erklärung nach. Sie verdienen also nicht, wie das in den meisten Büchern geschieht, als einfachste an die Spitze aller Beugungserscheinungen gestellt zu werden.

6. Versuch. Derselbe Spalt ist geeignet, den Übergang zu den Fraunhoferschen Beugungserscheinungen zu vermitteln. (Versuchsanordnung s. Fig. 5.) Die Lupe wird beiseite gelegt und der Spalt dicht vor das Auge gehalten. Dieses blickt jetzt durch ihn direkt nach der spaltförmigen Lichtquelle. Man sieht diese und zu beiden Seiten abwechselnd helle und dunkle Streifen. Diese sind durch dieselben Interferenzen zu erklären wie die entsprechenden bei dem vorigen ähnlichen Bilde, nur mit dem Unterschiede, daß dort die Interferenzen konvergierender Strahlen in den Punkten beobachtet werden, auf welche die Lupe eingestellt ist. Hier kommt die Interferenz nahezu paralleler Strahlen erst in dem auf weite Entfernung eingestellten Auge zustande. (AB = mehrere m, BO so kurz wie möglich.)

A
B
O

Fig. 5.

Wir lassen jetzt noch zwei weitere wichtige sog. Fraunhofersche Beugungserscheinungen folgen, die bei genauen messenden Versuchen mit dem auf ∞ eingestellten Fernrohr beobachtet werden müßten, die hier aber von den Schülern auch mit dem bloßen Auge wahrgenommen werden können.

7. Versuch: Beugungsspektrum. Als Beugungsschirm dient eine Vogelfeder, und zwar der glatte Teil der Fahne einer zarten Deckfeder. Es empfiehlt sich, damit der Schüler diese richtig hält, auch eine günstige Stelle der Feder benutzt, und das andere Auge, welches nicht durch die Feder blickt, zugedeckt wird, ein rechteckiges Stück Aktendeckel (15 cm × 10 cm) in der einen Hälfte mit einem runden Loch von

6 mm Durchmesser zu versehen, und die Feder auf das Pappestück so aufzukleben, daß das Loch durch eine Stelle der Feder verdeckt wird, in der die Fiedern möglichst gerade und gleichmäßig sind, und die Fiedern ungefähr parallel zu den kurzen Seiten des Rechtecks verlaufen. Wir haben damit ein natürliches Beugungsgitter, das auch schon Grimaldi gekannt hat. Blickt der Beobachter durch dies Gitter nach dem leuchtenden Spalt, der den Fiedern parallel ist, so sieht er zu beiden Seiten des hellen Spaltbildes eine Reihe von Spektren, die durch die Beugung an den Rändern der Fiedern entstehen, und außerdem noch je zwei schräge auf- und absteigende Reihen von Spektren, die zwar lichtschwächer, aber breiter sind und von der Beugung an den Zweigen der Fiedern herkommen. Wenn man auch den Einzel- oder Gruppenübungen die Messung der Wellenlänge mit einem feinen Gitter vorbehalten wird, so dürfte doch zur ersten Unterweisung auch in der Geschichte der Erfindung des Gitters jene Frontübung wertvoll sein.

8. Versuch. Den Schluß bildet ein Versuch, der die künstliche Erzeugung der kleinen Höfe kennen lehrt, die wir so häufig um den Mond oder auch um Straßenlampen, wenn wir diese durch bereifte Fensterscheiben betrachten, beobachten.

Jeder Schüler erhält eine Glasscheibe von 10 cm × 10 cm Größe, die der Lehrer soeben frisch mit Bärlappsporen bestreut hat. Die Lichtquelle wird für diese Beobachtung durch einen Schirm mit kreisförmigem Loch von 5 mm Durchmesser abgeblendet. Beobachtet man nun aus einiger Entfernung die helle Öffnung durch die bestäubte Scheibe, so sieht man um sie einen hellen Hof, der von dunklen, aber farbig gesäumten Ringen umgeben ist. Auch diese Erscheinung läßt sich, wie ich in meiner früheren Arbeit gezeigt habe, auf einfache Weise mathematisch erklären. Diese Erklärung vermittelt auch die Berechnung des Durchmessers d der Bärlappsporen durch Messung des Hofdurchmessers $2\,h$ und der sonst in Betrachtkommenden Entfernungen. Es ergibt sich

$$d = \frac{\lambda \cdot p \cdot q}{h\,(p + q)}\,;$$

hierin bedeutet λ die Wellenlänge des Lichtes (6×10^{-5} cm), q die Entfernung der Sporen vom Auge, p die Entfernung der Sporen von der Lichtquelle. Sollen die Schüler h messen, so wird auf jede Glasplatte ein etwa 2 mm breiter und 2 cm langer Streifen schwarzen Papiers geklebt, auf dem mittels durchscheinender Nadelstiche ein kleiner Maßstab markiert ist. Der Abstand der Nadelstiche betrug bei den von mir eingerichteten Übungen 2 mm; damit ließ sich dann $2\,h$ bis auf 1 mm genau messen, indem der Maßstab quer durch den Hof eingestellt wird, und die Zwischenräume gezählt werden, die den Durchmesser des Hofes bis zum ersten Minimum ausfüllen. q wurde mit einem cm-Maßstab von jedem Schüler einzeln gemessen. p wird am einfachsten dadurch ermittelt, daß ein mehrere Meter langes Meßband mit einem Ende bei der Lichtquelle festgeklemmt wird; dann geht ein Schüler mit gestrecktem Meßband zu jedem Beobachtungsplatz. Jeder Beobachter liest dann seinen Wert für p am Meßband ab. Da dieser von Platz zu Platz veränderlich ist, so findet jeder auch andere Werte für h und q. Das Ergebnis (0,03 mm) ist bei der Mehrzahl entsprechend der nur ungefähren Messung von $2\,h$ bis auf $^1/_{10}$ bis $^2/_{10}$ genau. Nur bei wenigen ist dies ganz fehlerhaft. Hier schließt sich als reizvolle Aufgabe die Ermittelung der Größe der Nebelteilchen, welche einen kleinen Hof um den Mond erzeugen. Wir setzen $\frac{h}{q} = \operatorname{tg} \alpha$, worin α den scheinbaren Radius des Hofes bedeutet, den man durch Vergleich mit dem Monddurchmesser leicht schätzen kann. Die letzte Formel kann man nun folgendermaßen schreiben:

$$d = \frac{\lambda}{\frac{h}{q}\left(1 + \frac{q}{p}\right)}\,,$$

und, da $p = \infty$ ist, auch

$$d = \lambda \cdot \frac{g}{h} = \lambda \operatorname{cotg} \alpha .$$

Beispiel: Der Durchmesser des Mondhofes erschien 5mal so groß als der Monddurchmesser. Bei punktförmiger Lichtquelle würde er also nur 4mal so groß erscheinen. Der Monddurchmesser ist $31' = 0{,}52^0$, sein Radius $0{,}26^0$, also $\alpha = 1{,}04^0$

$$\operatorname{tg} \alpha = 0{,}018; \qquad d = \frac{\lambda}{0{,}018} = \frac{6 \cdot 10^{-5}}{18 \cdot 10^{-3}} \mathrm{cm} = \frac{1}{3} \cdot 10^{-2} \mathrm{cm} .$$

$$d = \frac{1}{30} \mathrm{mm} .$$

Diese eben geschilderten Frontübungen waren neben einigen andern aus der Optik (Stecknadelversuche für Spiegelung und Brechung) die ersten, welche ich in Angriff nahm. Ihr gutes Gelingen auf dem beschränkten Raum der Schülerbänke im Lehrzimmer der Physik mit den billigsten Mitteln gab mir den Mut, es auch in andern Gebieten mit Frontübungen auf den Schülerbänken zu versuchen. Dazu mußten freilich alle Vorrichtungen ebenfalls besonders vereinfacht werden. Hierüber hoffe ich später zusammenhängend zu berichten. Auf das eine aber möchte ich schon hier hinweisen. Die Ausführung der Übungen im Lehrzimmer ermöglicht es, eine größere Schülerzahl, als sie von andern als Maximum angegeben ist, arbeiten zu lassen, ohne daß der Lehrer seine Stimme übermäßig anzustrengen hat, wie das in einem größeren Übungssaal der Fall ist, wenn er allen zugleich Anweisungen zu geben hat. Ich habe die obigen Versuche mit 22 Schülern durchgeführt, von denen jeder eine Vorrichtung für sich allein benutzte. Bei andern Übungen, deren Apparate weniger einfach und billig sind, lasse ich aber meist zwei zusammen arbeiten. Ich würde daher, selbst wenn mir ein größeres Zimmer für Übungen zur Verfügung steht, nicht darauf verzichten, alle diejenigen Übungen, die sich in dem beschränkten Raume des Klassenzimmers ausführen lassen, auch hier vorzunehmen.

Einführung in den Begriff der Ultramikroskopie.

Von

Prof. Dr. **E. Maey** in Remscheid.

Ob ein Eingehen auf die Ultramikroskopie auf der Oberstufe der höheren Schulen nötig ist, darüber mögen wohl gegenwärtig noch die Ansichten geteilt sein. Es kann aber kein Zweifel darüber bestehen, daß der Lehrer sich bereit halten muß, in möglichst elementarer, anschaulicher Weise über diese Auskunft zu geben, falls er von Schülern oder sonstigen Wißbegierigen danach gefragt wird.

Die Ergebnisse der Ultramikroskopie sind für unsere Vorstellung von dem molekularen Aufbau der Materie so fruchtbringend gewesen, daß kein Physiker und Chemiker sie unberücksichtigt lassen kann. Sie haben uns nicht nur über den Zustand der kolloiden Lösungen aufgeklärt, sondern auch eine Methode[1]) zur Zählung der Atome geliefert, die mit anderen, ganz anders gearteten zu guter Übereinstimmung führt.

Die Aufgabe der folgenden Zeilen soll es sein, auszuführen, wie man an der Hand einiger einfacher Versuche mit überall zugänglichen Mitteln eine anschauliche Vorstellung von dem Wesen ultramikroskopischer Beobachtungen vermitteln kann.

[1]) Ausführliche Berichte und Literaturnachweise finden wir in „Neubestimmungen der Loschmidtschen Zahl“ von Dr. Wilh. Hillers, Beilage zum Jahresbericht des Realg. des Johanneums, Hamburg 1910, und in der „Experimentellen Grundlegung der Atomistik“ von Werner Mecklenburg, Jena 1910.

Den Ausgangspunkt bildet die einfachste Beugungserscheinung, die des leuchtenden Schirmrandes. Daß sie als solche den meisten Physikern noch unbekannt ist, beweist der Umstand, daß sie in den meisten Lehrbüchern[2]), welche die Lichtbeugung behandeln, gar nicht erwähnt wird. Meist wird die Lichtbeugung an einem Spalt irrtümlich als einfachste behandelt. Andererseits beweist gerade der Umstand, daß wir von ihrer Kenntnis bei der Einführung in die Ultramikroskopie ausgehen müssen, am besten, daß sie die grundlegende einfachste Beugungserscheinung ist. Wir machen uns mit ihr am besten bekannt durch zwei sogenannte Freihandversuche, zu denen jeder Beobachter außer einem Auerbrenner oder einer elektrischen Lampe nur noch ein sauber geschliffenes Taschenmesser als Beugungsschirm nötig hat. Diese beiden Beobachtungen der sich an der Schneide des Messers als feine Lichtlinie zeigenden inneren und äußeren Beugung können von allen Zuhörern in gleicher Front ausgeführt werden, und da ich ihre Durchführung im vorhergehenden Aufsatz eingehend geschildert habe, so will ich auf sie als die beiden ersten einleitenden Versuche hier nur kurz verweisen.

3. Versuch. Die Wellen des gebeugten Lichtes können dazu dienen, den Rand des Beugungsschirmes als leuchtende Linie abzubilden. Dieses ermöglicht folgende Einrichtung[3]). Von einer Projektionslampe E (s. Figur) läßt man aus einer Blende B von ungefähr 1 cm Durchmesser paralleles Licht austreten auf eine etwa 1 m entfernte Linse L von möglichst großem Durchmesser (8—10 cm), deren Brennweite ungefähr $^1/_3\, BL$ beträgt. Diese liefert bei C ein verkleinertes Bild der Blende B. Man richte sich nun einen kleinen Schirm C her, der gerade dieses Bild zu verdecken imstande ist, so daß an ihm keiner der abbildenden Strahlen der Blende vorbeigehen kann. Er muß also zur Sicherheit ein wenig größer als dieses Bild sein, jedoch so wenig wie möglich, vielleicht das Bild ringsum etwa $^1/_2$ bis 1 mm überragen. Diesen Schirm C halte man in der Nähe des Bildes der Blende zum Vorsetzen bereit.

Nun stelle man zwischen die Blende B und die Linse L einen Spalt S, dessen einigermaßen scharfe Ränder etwa 2 mm von einander abstehen und von dem Lichte möglichst in ganzer Ausdehnung beleuchtet werden. Von diesem beleuchteten Spalt entwirft die Linse in einiger Entfernung ein wirkliches Bild D, das man auf einem weißen Schirm auffängt. Nun schiebe man den Schirm C vor das wirkliche Bild der Blende B. Das Projektionsbild der Spaltöffnung verschwindet, da alles durch den Spalt gerade hindurchgehende Licht abgeblendet ist. Aber die Spaltränder erscheinen als leuchtende Linien, da das durch sie abgebeugte Licht an dem Schirm C vorbeigeht. Daß aber nicht der Spalt als solcher diese Erscheinung liefert, sondern jeder Rand für sich, zeigt man am einfachsten dadurch, daß man während dieser Abbildung die Spaltränder gegeneinander verschiebt, wobei sich auch ihre Bilder gegeneinander verschieben, ohne daß sie sonst sich im einzelnen ändern. Auch die folgenden Vorführungen dienen dazu, diese Auffassung zu bestätigen. Diese Vorführungen sind so eindrucksvoll, sie wirken so überzeugend, daß wir es hier mit einer grundlegenden Erscheinung zu tun haben, daß ich durch sie schon einige Fachgenossen dafür gewonnen habe, ihre Betrachtung der ganzen Beugungslehre zugrunde zu legen.

---

[2]) Eine Ausnahme bildet die Oberstufe der Naturlehre von Höfler-Poske, 3. Aufl., Braunschweig 1911.

[3]) Die Anordnung ist nach den Angaben von Schreber und Springmann, „Experimentierende Physik, Leipzig 1905 u. 1906, 2. Bd., S. 85, nachgebildet. Nur das abzubildende Objekt, ein feiner Haarpinsel, ist aus Gründen, die sich aus den Versuchen Nr. 4 ergeben, durch andere Objekte ersetzt.

4. Versuch. Man ersetze den Spalt S durch Beugungsschirme anderer Form, z. B. durch eine große Stecknadel mit breitem Kopf. Ihr ganzer Umriß, auch der des Kopfes, erscheint als feine Lichtlinie. Nimmt man statt der Nadel einen Draht von 0,2 mm Dicke, so erscheinen beide Ränder im Bilde sehr nahe, aber doch deutlich unterscheidbar. Auch wenn man ein gerade gespanntes Haar von 0,03 mm Dicke nimmt, lassen sich beide Ränder im Bilde noch deutlich unterscheiden. Nimmt man aber den feinen Haarpinsel nach den Angaben bei Schreber und Springmann, so erscheint jedes Haar, auch wenn es dicker als das obige ist, nur als eine einzige feine Lichtlinie. Das ist aber eine Täuschung. Denn bei den wirr auseinanderstrebenden Haaren des Pinsels kann die Abbildung nicht auf alle zugleich scharf eingestellt werden. Die meisten Haare liefern also nur eine Linie, weil beide Randlinien wegen unscharfer Einstellung zu einer zusammenfließen; die wenigen, auf welche das Bild scharf eingestellt ist, verlieren sich in dem Haufen der andern. Diese Abbildung des Pinsels bleibt aber sehr überraschend und daher lohnend. Ohne Blende bei C erscheint der Pinsel als schwarzer Schatten auf weißem Grunde, mit der Blende als gespenstiges weißes Bild auf schwarzem Grunde.

5. Versuch. Noch wenig bekannt als Beugungsmittel ist die Prismenkante. Man ersetze daher S durch ein Fresnelsches Doppelprisma. Es erscheinen jetzt bei C zwei Bilder von B nebeneinander, die man beide durch zwei schmale Schirme zugleich abblenden muß; dann sieht man bei D das Bild der leuchtenden Prismenkante als feine Lichtlinie.

6. Versuch. Als Übergang zu ultramikroskopischen Objekten ersetze man jetzt S durch eine Menge feiner undurchsichtiger Körnchen, z. B. von CuO, die in Kanadabalsam auf dem Objektträger eingebettet sind. Bei C ist jetzt nur eine Blende notwendig. Die einzelnen größeren Körnchen zeigen deutlich ihre Umrisse als helle Linien im Bilde. Die Menge der ganz feinen Teilchen aber ist nur noch als Lichtpunkte zu erkennen.

Wir haben hier also so kleine Körper vor uns, daß ihre Umrisse bei der Abbildung nicht mehr unterschieden werden können, sondern nur noch durch gebeugtes Licht ihr Vorhandensein als leuchtende Punkte (Beugungsscheibchen) verraten. Freilich, im Mikroskop mit seiner feineren Abbildung sind ihre Umrisse noch deutlich erkennbar. Aber auch bei ihm gibt es eine Grenze für die Abbildungsfähigkeit der Objekte. Körper, deren Durchmesser kleiner als eine halbe Wellenlänge ist, können in ihren Umrissen durch kein Mikroskop abgebildet werden, sie können aber auf dunklem Untergrunde als kleine Beugungsscheibchen oder bei größerer Ausdehnung in einer Richtung als feine Lichtlinien sichtbar gemacht werden. Solche Körper werden von Siedentopf, dem Begründer der Ultramikroskopie, Ultramikronen genannt, und die Möglichkeit, sie sichtbar zu machen, erstreckt sich nach ihm bis zu einem Durchmesser von etwa 0,004 μ, eine Grenze, die durch die zur Verfügung stehende hellste Beleuchtung durch Sonnenlicht gegeben ist.

Von dem genannten Forscher[4]) sind auch die drei folgenden Untersuchungsmethoden der Ultramikronen ausgebildet worden:

1. mit orthogonaler Beleuchtung des Objekts,
2. mit koaxialer Beleuchtung und Zentralblende im Objektiv,
3. mit koaxialer Beleuchtung und Zentralblende im Kondensor.

Die zweite Methode entspricht im wesentlichen der oben vorgeführten makroskopischen Abbildung. Da aber die dritte die am meisten angewandte ist, will ich nur sie hier noch in Kürze erläutern.

---

[4]) H. Siedentopf, Über ultramikroskopische Abbildung. Zeitschr. für wissenschaftl. Mikroskopie und für mikroskopische Technik, Bd. XXVI, 1909, S. 391—410. Diese Arbeit enthält auch zahlreiche auf die Ultramikroskopie bezügliche Literaturangaben.

Das Objekt wird durch einen Kondensor mit möglichst großer Apertur, größer als die des Objektivs, beleuchtet; die zentralen Strahlen, welche in das Objektiv fallen würden, werden durch eine zentrale Blende im Kondensor abgeblendet. Betrachtet man jetzt ein optisch reines Objekt, z. B. einen reinen Wassertropfen zwischen Objektträger und Deckglas, die beide von Rissen frei sind, so sieht man nur ein dunkles Feld (Dunkelfeldbeleuchtung). Bringt man aber in den Wassertropfen ein mikroskopisches oder ultramikroskopisches Objekt, so senden die Umrisse der Objekte gebeugtes Licht in das Objektiv. Als Beispiel wollen wir ein ultramikroskopisches Objekt nehmen, das jeder stets bereit hat: eine Spur von dem weißen Zahnansatz in einem Tropfen Wasser zerrieben. Falls wir nicht gerade einen für ultramikroskopische Beobachtungen eingerichteten Kondensor besitzen, können wir auch die Beleuchtung mit Sonnen- oder elektrischem Licht durch einen ebenen Spiegel möglichst schräge von unten auf das Objekt fallen lassen, so daß die geraden Strahlen am Objektiv vorbeigehen. Diese Art der einseitigen Beleuchtung entspricht der ersten oben genannten Methode, wenn auch in diesem Falle die beleuchtenden Strahlen und die Mikroskopachse nicht gerade einen rechten Winkel bilden. Schon mit diesen einfachen Mitteln sieht man hier stets zwei Arten ultramikroskopischer Objekte in lebhafter Bewegung, und zwar zahlreiche Kokken als Beugungsscheibchen und Bakterien als feine kurze Striche.

Es muß hier aber noch hervorgehoben werden, daß diese einfache Beleuchtungsart nicht imstande ist, alle Ultramikronen sichtbar zu machen. Bei feineren und daher lichtschwächeren Objekten ist die allseitige Beleuchtung mit Kondensor und Zentralblende schon zur Vergrößerung der Helligkeit erforderlich. Auch können durch einseitige Beleuchtung nicht alle beliebig im Raume gelegenen Kanten sichtbar gemacht werden, da dann nicht immer die Strahlungsrichtung des gebeugten Lichtes ins Objektiv fällt, wie dies durch die Arbeiten von Siedentopf[5]) und dem Verfasser[6]) nachgewiesen ist.

Solche Kondensoren für Dunkelfeldbeleuchtung, werden von den optischen Firmen jetzt so geliefert, daß sie sich an jedes bessere Mikroskop ansetzen lassen.

Übungen im Bestimmen des scheinbaren Sonnendurchmessers.

Von

Prof. **P. Kiesling** in Bromberg.

Zu allen auf die Sonne bezüglichen Beobachtungen (Zeitbestimmungen, Meridiandurchgängen usw.) bedarf man der Kenntnis des scheinbaren Sonnendurchmessers, um die für den Mittelpunkt der Sonne berechneten Resultate auf den Sonnenrand zu beschicken. Die Größe des Durchmessers kann man nun den astronomischen Tafeln für jeden Tag des Jahres entnehmen; doch ist es von pädagogischem Wert, den Schülern zu zeigen, daß man von solchen Tafeln nicht unbedingt abhängig ist, sondern die Bestimmung auch selbst vornehmen kann.

Astronomische Beobachtungen feinerer Art gehören nun nicht zu den Forderungen der Lehrpläne für höhere Schulen. Man ist daher bedauerlicherweise beim Unterricht in der mathematischen Geographie auf die graue Theorie angewiesen. Daß dabei nicht viel herauskommt, ist bekannt. Trotzdem findet man bei den meisten Schülern

[5]) H. Siedentopf, Über ultramikroskopische Abbildung linearer Objekte. Zeitschr. für wissenschaftl. Mikroskopie, Bd. XXIX, Heft 1, S. 1—47.

[6]) E. Maey, Die räumliche Lagerung von Kanten im mikroskopischen Objekt bei Dunkelfeldbeleuchtung. Ebenda, S. 48—57.

ein äußerst reges Interesse für die Vorgänge am Himmel. Daher betreibe ich seit Jahren astronomische Übungen und Messungen unter freiwilliger Beteiligung der Schüler, wobei es mir an Teilnehmern bisher nie gefehlt hat

Der hauptsächlichste Wert der nachfolgend beschriebenen Übungen liegt darin, daß sie (außer Versuch 1) wirklich praktisch ausgeführt sind.

Versuch 1. In einfachster Weise kann die Bestimmung des scheinbaren Sonnendurchmessers durch den Sextanten geschehen. Man bringt das direkt gesehene Sonnenbild mit dem durch doppelte Spiegelung erzeugten in der Weise aneinander, daß sie sich von außen berühren, und liest dann an der Teilung die gesuchte Größe unmittelbar ab. Aber selbst wenn ein besseres Instrument zur Verfügung steht (ich konnte nur ein Modell benutzen), ist die Messung wohl wenig genau und rein äußerlich, so daß die Schüler höchstens den Gebrauch des Sextanten bei dieser Übung kennen lernen können.

Zu dem *Versuch 2* ist ein Theodolit, und zwar ein sogenanntes Universalinstrument, benutzt worden; mindestens ist aber ein mit Höhenteilung versehenes Fernrohr nötig.

Man beobachtet die Sonne zur Zeit ihrer Kulmination. Dazu berechnet man ihre Kulminationshöhe nach der Formel $h_0 = 90 - \varphi + \delta$ (mit Korrektion für Refraktion und Höhenparallaxe). Dann stellt man das in den Meridian gebrachte Fernrohr auf die Höhe h_0 ein. Die Sonne erscheint dann pünktlich zur Zeit des wahren Mittags im Fernrohr, so daß die verlängerte Fernrohrachse durch den Mittelpunkt der Sonne geht. Darauf bringt man durch Drehen der Höhenschraube den unteren (oder oberen) Sonnenrand mit dem horizontalen Mittelfaden des Fadensystems zur Berührung und liest am Höhenkreise die Größe der Drehung ab; sie gibt den scheinbaren Sonnenradius. Bei diesem Versuch ist vorausgesetzt, daß die Höhe der Sonne sich während der Beobachtung nicht ändert, was ja im wahren Mittag mit großer Annäherung der Fall ist.

Will man noch genauer verfahren, so bringe man zur Zeit der Kulmination den unteren Sonnenrand zur Berührung mit dem Horizontalfaden, lese die Höhe ab und drehe dann schnell die Höhenschraube so weit, daß der obere Sonnenrand den Faden berührt.

Nachdem man wieder abgelesen hat, ergibt die Differenz der Ablesungen den scheinbaren Sonnendurchmesser. Ich erhielt auf diese Weise am 21. Juli v. J. als Mittel von 3 Versuchen den scheinbaren Sonnendurchmesser zu $0{,}53^0 = 31{,}80'$, der scheinbare Radius war also $\varrho = 15{,}9' = 15'\,54''$, während das Nautische Jahrbuch für den genannten Tag angibt $\varrho = 15'\,46''$. Der Fehler betrug also 8″.

Versuch 3. Der dritte Versuch erfordert zwar mehr Arbeit und Rechnung, liefert aber ein genaueres Resultat, und ist besonders deshalb von Wert, weil er Gelegenheit bietet, die Anschauung der Schüler in bezug auf die Bewegungen am Himmel zu üben. Ein fernerer Vorzug des Versuches ist endlich der, daß er auch mit einem einfachen Fernrohr (ohne Ablesungsvorrichtung) ausgeführt werden kann. Gut ist es, wenn das Fernrohr ein Fadensystem und ein Sonnenblendglas besitzt. Ist kein Fadenkreuz vorhanden, so kann man zur Not den Rand des Gesichtsfeldes als Marke benutzen; fehlt das Blendglas, so wird man das Sonnenbild objektiv auf einem mit Fadenkreuz versehenen Schirm auffangen, was ja durch geringes Herausschieben des Okulars leicht zu bewirken ist. Außer dem Fernrohr ist noch eine Stoppuhr nötig, welche aber im Notfall durch ein Sekundenpendel ersetzt werden kann. Der benutzte Zeitmesser gibt meist mittlere Sonnenzeit an. Als Einleitung zu dem Versuch dient folgende Überlegung:

Wir betrachten die Sonne zur Zeit der Äquinoktien ($\delta = o$); sie beschreibt dann im Laufe des Tages den Äquator $A\,Q_1$ (Fig. 1). Während sie den Bogen $Q_1\,\sigma_1$ zurücklegt, beschreibt der Sehstrahl $M Q_1$ den ebenen Winkel $Q_1 M \sigma_1 = \tau$, der mit dem

sphärischen Winkel $Q_1 P \sigma_1$ (Stundenwinkel) identisch ist. Braucht die Sonne zu dem Wege $Q_1 \sigma_1$ t^{sec}, so ist bekanntlich t^{sec} (Zeitsekunden) gleichbedeutend mit $(15\,t)''$ (Bogensekunden). Denn $24^h = 360^0$, $1^h = 15^0$, $1^{sec} = 15''$. Also ist $\tau = (15\,t)''$.

Denken wir uns nun $Q_1 \sigma_1$ so klein, daß Q_1 ein Punkt des rechten Sonnenrandes, σ_1 der ihm diametral gegenüberliegende Punkt des linken Sonnenrandes ist, so ist τ der scheinbare Sonnendurchmesser (von M aus gesehen).

Mit Hilfe eines Fernrohrs, welches wir uns zunächst der Einfachheit halber parallaktisch aufgestellt denken, kann man nun die Zeit t bestimmen, indem man die Sonne zur Zeit ihrer Kulmination (siehe Vers. 2) über den mittleren Vertikalfaden des Fadenkreuzes hinwegstreichen läßt, so daß am Anfang des Versuches der (im Fernrohr) linke Sonnenrand, am Ende der rechte Sonnenrand den Faden berührt. Hat man so t mittels der Stoppuhr in Sekunden bestimmt, so hat man gleichzeitig den scheinbaren Sonnendurchmesser $\tau = 15\,t''$ in Bogensekunden erhalten.

Fig. 1.

Fig. 1 a.

Nun wäre es mißlich, wenn man die Beobachtung nur zur Zeit der Äquinoktien vornehmen könnte. Daher betrachten wir jetzt die Sonne an einem beliebigen Tage, an dem ihre Deklination $= \delta$ ist. Legt dann die Sonne in der Zeit t^{sec} den Bogen $Q\sigma$ zurück, so ist $\measuredangle\, Q M_1 \sigma = \measuredangle\, Q_1 M \sigma_1 = \tau$ (Fig. 1). Der Sehstrahl beschreibt aber jetzt den $\measuredangle\, Q M \sigma = \omega$. In 24^h legt die Sonne den ganzen Parallelkreis $A_1 Q$ zurück, also 360^0, der Sehstrahl MQ dagegen beschreibt gleichzeitig den Mantel eines Kegels, dessen Achse $M M_1$ und dessen Grundkreis $A_1 Q$ ist. In 24^h beschreibt also der Sehstrahl den Zentriwinkel x eines Kreissektors, der dadurch entsteht, daß man den Kegelmantel in die Ebene ausbreitet (Fig. 1a). Dann besteht bekanntlich die einfache Beziehung:

$$\frac{x}{360} = \frac{2\,r\,\pi}{2\,s\,\pi} = \frac{r}{s},$$

wo r der Grundkreisradius des Kegels ($r = M_1 Q$) und s die Seite ist ($s = MQ$). Nun ist $\frac{r}{s} = \sin M_1 M Q = \sin(90 - \delta) = \cos\delta$. Also ist $x = 360\cos\delta$. Ferner ist $\frac{\omega}{x} = \frac{\tau}{360}$, also $\omega = \frac{x \cdot \tau}{360} = \tau\cos\delta$.

In derselben Zeit t also, in der die Sonne den $\measuredangle\, \tau = Q M_1 \sigma$ zurücklegt, beschreibt der Sehstrahl MQ den $\measuredangle\, \omega = \tau\cos\delta$.

Beobachtet man also, wie oben beschrieben, die Zeit t^{sec} für den Vorübergang der Sonne am Vertikalfaden, so erhält man für den scheinbaren Sonnendurchmesser

$$\omega = (15\, t \cos \delta)''\ ^{1)}.$$

Es wurde nun in Bromberg (geogr. Breite $\varphi = 53{,}129^0 = 53^0\, 7'\, 44{,}4''$) am 15. Juli 1912 die Kulminationshöhe der Sonne nach der Gleichung $h_0 = 90 - \varphi + \delta = 58^0\, 26'\, 44{,}93''$ berechnet.

Einige Minuten vor der Kulmination, die ungefähr um $11^h\, 54^m$ M. E. Z. eintrat, wurde das Fernrohr des Theodoliten in den Meridian gestellt und ihm die Höhe h_0 gegeben. In dem Augenblick, wo der (im Fernrohr) linke Sonnenrand den Vertikalfaden berührte, wurde die Stoppuhr in Gang gesetzt und dann gestoppt, als der rechte Sonnenrand mit dem Faden zur Berührung kam. Die Uhr gab $2^m\, 15{,}6^{sec} = 135{,}6^{sec}$ als Zeit des Vorübergangs. Wie man sieht, wurde der Versuch so eingerichtet, daß die erste Hälfte des Sonnendurchmessers den Faden unmittelbar vor der Kulmination des Sonnenmittelpunktes, die zweite Hälfte unmittelbar nachher passierte. Dadurch wurde erreicht, daß die Höhe der Sonne sich während der Beobachtung und Zeitmessung so gut wie gar nicht änderte.

Darauf wurde $\omega = (15 \,.\, 135{,}6 \,.\, \cos \delta)''$ berechnet. Die Rechnung ergab

$$\omega = 1891{,}608'' = 31{,}5268'.$$

Hieraus findet man den scheinbaren Sonnenradius

$$\varrho = 15{,}7634'.$$

Die Tabelle des Nautischen Jahrbuches gibt für den Tag der Beobachtung $\varrho = 15'\, 46'' = 15{,}766'$ an. Somit ist die Abweichung $= -0{,}003'$.

Es wurde bis jetzt angenommen, daß das Fernrohr parallaktisch aufgestellt sei. Der benutzte Apparat war aber ein Theodolit, dessen Fernrohr um eine horizontale und um eine vertikale Achse drehbar ist. Nun beschreibt auch ein derartig aufgestelltes Fernrohr während der Zeit t den Bogen $Q\sigma$ des Parallelkreises, also den Winkel ω, es ist aber die Frage, ob ω auch wirklich der Gesichtswinkel ist, unter dem die Sonne einem Auge erscheint, das durch das Fernrohr blickt. Um das zu entscheiden, denken wir uns einmal die Sonne fest am Himmel stehend. Wir müßten dann das Fernrohr so drehen, daß erst der rechte und dann der linke Sonnenrand von dem Vertikalfaden berührt wird, wenn wir den Gesichtswinkel erhalten wollen. Jetzt dreht sich aber das Fernrohr nicht wie vorhin mit der Erde zusammen um die Weltachse, sondern um die eigene Vertikalachse, es beschreibt daher, streng genommen, nicht den $\measuredangle\, \omega$, sondern den $\measuredangle\, \xi$ (Fig. 2), indem seine Achse jetzt nicht den Kegel QMA (Fig. 1), sondern den Kegel QMR beschreibt, dessen Grundkreis der dem Horizont parallele Kreis RQ ist. Dem $\measuredangle\, \xi$ würde dabei der Bogen $Q\sigma_2$ auf dem Kreise RQ entsprechen.

Bei der geringen Größe der Bögen $Q\sigma$ und $Q\sigma_2$ kann man aber diese und dementsprechend auch die Winkel $QM\sigma\ (=\omega)$ und $QM\sigma_2$ als identisch betrachten.

Wie schon wiederholt gesagt, ändert ja die Sonne während der kurzen Zeit der Beobachtung ihre Höhe nicht, so daß sie einem durch das Fernrohr blickenden Auge auf dem Kreise RQ entlangzugleiten scheint. Wir dürfen also ohne erheblichen Fehler die horizontale Aufstellung des Apparates statt der parallaktischen benutzen.

---

[1]) Es sei bemerkt, daß ω sich auch in anderer Weise finden läßt. Der Bogen $Q\sigma$ ist nämlich der kürzeste Winkelabstand λ der beiden Punkte Q und σ am Himmel. Für diesen ist bekanntlich allgemein:

$$\cos\lambda = \sin\delta_1 \cdot \sin\delta_2 + \cos\delta_1 \cdot \cos\delta_2 \cdot \cos(\alpha_1 - \alpha_2).$$

Hier bedeutet λ den kürzesten Abstand, δ_1 und δ_2 die Deklination der beiden Punkte Q und σ, α_1 bzw. α_2 ihre Rektaszensionen. Macht man die Annahme, daß in der Zeit t die Deklination des Punktes Q (der Sonne) sich nicht ändert, so wird in unserem Falle

$$\cos\omega = \sin^2\delta + \cos^2\delta \cdot \cos\tau,$$

da $\alpha_1 - \alpha_2 = \tau$ ist.

Obgleich also die Bestimmung des $\measuredangle\,\xi$ wissenschaftlich nicht gerade von hohem Werte ist, halte ich es doch aus pädagogischen Gründen für nützlich, ihn zu berechnen. Wir setzen also den $\measuredangle\,Q\,M\,\sigma_2 = \xi$, den zum Bogen $Q\,\sigma_2$ gehörigen Zentriwinkel $Q\,M_1\,\sigma_2 = a$, dann ist auch $\measuredangle\,S\,M\,\sigma_3 = a$, wenn σ_3 die Projektion von σ_2 auf den Horizont bedeutet. Auch der sphärische Winkel $S\,Z\,\sigma_3$ ist $= a$, da er mit dem ebenen Winkel $S\,M\,\sigma_3$ identisch ist. In dem Polardreieck $P\,Z\,\sigma$ ist nun:

$$\frac{\sin a}{\sin \tau} = \frac{\cos \delta}{\cos h},$$

Fig. 2.

Fig. 2a.

wenn $\sigma\,\sigma_3 = h$ und $Z\,P\,\sigma = \tau$ ist. Wegen der geringen Anderung der Sonnenhöhe darf man statt h die Kulminationshöhe h_0 setzen und erhält:

$$\sin a = \frac{\sin \tau \cdot \cos \delta}{\cos h_0}.$$

Nun ist $\tau = 0^0\,33'\,54''$[1]; $h_0 = 58^0\,26'\,44{,}93''$. Die Ausrechnung ergibt $a = 1^0\,0'\,14{,}74'' = 1{,}0041^0$. Der zu berechnende $\measuredangle\,\xi$ ist ein Teil des Zentriwinkels ψ, der zu dem Sektor gehört, den man durch Aufrollen des Kegels erhält, der MZ zur Achse und den horizontalen Kreis RQ zum Grundkreis hat (Fig. 2a). Es ist demnach

$$\frac{\xi}{\psi} = \frac{a}{360}; \qquad \xi = \frac{a \cdot \psi}{360}.$$

Ferner ist $\frac{\psi}{360} = \frac{r}{s} = \cos h_0$, also schließlich $\psi = 360 . \cos h_0$; $\xi = a \cos h_0$. Durch Ausrechnung erhalten wir

$$\begin{aligned} \xi &= 0{,}52545^0, \\ &= 31{,}5270'. \end{aligned}$$

Hieraus ergibt sich der scheinbare Sonnenradius $\varrho = \frac{1}{2}\,\xi = 15{,}7635'$ und die Abweichung gegen die Angabe des Nautischen Jahrbuches $= -0{,}003'$.

Auch ξ können wir ähnlich wie oben ω als scheinbaren Winkelabstand der Punkte Q und σ_2 bestimmen durch die Formel

$$\cos \xi = \sin^2 h_0 + \cos^2 h_0 \cdot \cos a .$$

Übrigens ist man nicht auf die Beobachtung am wahren Mittag angewiesen, vielmehr kann man den Versuch auch zu beliebiger Zeit des Tages vornehmen. Nehmen wir an, wir wollten um 4^h nachmittags wahrer Ortszeit beobachten. Dann sei (Fig. 3) A die Position des Sonnenmittelpunktes zur Zeit 4^h, B die Position desselben

[1]) $\tau = (15\,t)'' = (15 \cdot 135{,}6)'' = 0^0\,33'\,54''$.

Punktes zur Zeit $4^h + t$, wo t wieder die Zeit des Vorüberganges der Sonnenscheibe am Vertikalfaden des Fadenkreuzes bedeutet. Der Bogen AB ist dann gleich der Breite der Sonnenscheibe, also gleich dem scheinbaren Durchmesser. Ist nun T der Stundenwinkel der Sonne um 4^h, so ist $T = 60^0$, der sphärische Winkel $APB = \tau = (15 \,.\, t)''$; $PA = 90^0 - \delta_1$; $PB = 90^0 - \delta_2$, also

$$\cos\omega = \cos AMB = \sin\delta_1 \cdot \sin\delta_2 + \cos\delta_1 \cos\delta_2 \cos\tau .$$

δ_1 und δ_2 sind durch einfache Regeldetri aus dem Werte δ zur Zeit der Kulmination zu bestimmen.

Man wird also aus dem Polardreieck PZA die Höhe h_1 und das Azimut a des Punktes A berechnen. Es ist bekanntlich:

$$\sin h_1 = \frac{\sin\varphi}{\sin\mu} \cos(\mu - \delta_1),$$

wo $\operatorname{cotg}\mu = \operatorname{cotg}\varphi \,.\, \cos T$ ist. Ferner ist

$$\sin a = \frac{\cos\delta_1 \cdot \sin T}{\cos h_1}; \quad (a \text{ wohl meist } < 90^0).$$

Man gibt nun dem Fernrohr zu der bestimmten Zeit (4^h wahre Zeit) die berechnete Höhe h_1 und das Azimut a und mißt wie früher die Zeit t des Vorüberganges der Sonnenscheibe mittels der Stoppuhr. Dann kann man ω nach der oben angegebenen Formel berechnen.

Da ich diesen Versuch nicht ausgeführt habe, so beschränke ich mich darauf, ihn anzudeuten.

Gesagt sei noch, daß der Gangfehler der Uhr bekannt sein muß. Ist man nicht in der Lage, den Fehler (etwa durch die Zwischenzeit der Meridiandurchgänge zweier Fixsterne) zu bestimmen, so wird das Resultat etwas ungenau, was aber bei einem Schulversuch von nicht allzugroßer Bedeutung sein dürfte.

Fig. 3.

Ein zweiter Beobachtungsfehler hängt mit der persönlichen Gleichung zusammen. Bei Anstellung einer Beobachtung ist man oft nicht kaltblütig genug. Die Uhr wird durch Druck auf einen Knopf in Gang gesetzt und gestoppt. Es ist unvermeidlich, daß man nicht genau im richtigen Augenblick drückt.

Endlich kommt auch noch der Einfluß der Zeitgleichung in Betracht. Die Uhr geht konform der mittleren Sonne. Beobachtet wird aber die wahre Sonne. Nun nahm am Tage der Beobachtung (15. Juli) die Zeitgleichung stündlich um $0{,}3^{sec}$ zu, in der Zeit der Beobachtung ($t = 135{,}6^{sec}$) also um $0{,}011^{sec}$. Die mittlere Sonne läuft also der wahren voraus, wie es ja zur Zeit des Apheliums sein muß. Die wahre Sonne schreitet also langsamer vorwärts wie die mittlere, sie braucht zum Passieren des Fadens nicht 135,6, sondern $135{,}6 + 0{,}11 = 135{,}611$ wahre Sekunden. Dadurch

wird $\tau = 15\,t$ nicht unerheblich größer, demgemäß wird auch $\omega = 15 \,.\, t \,.\, \cos\delta$ größer und der Fehler kleiner. Er reduziert sich nach meiner Berechnung auf 0,002′. Die durch den Gangfehler der Uhr und durch die Zeitgleichung bedingten Korrektionen sind erst am Schluß erwähnt, weil sie bei einem Schulversuch unwesentlich sind und den Gang der Betrachtungen an früherer Stelle gestört hätten.

Bestimmung der Schwerebeschleunigung g durch den direkten freien Fall*).

Von

Erich Zerbst in Georgenburg bei Insterburg.

Eine einigermaßen brauchbare Bestimmung der Beschleunigung der Schwere g durch den freien Fall von Körpern scheitert bekanntlich an der Kürze der Zeit, während der sich der Fall abspielt. Im folgenden habe ich den Versuch gemacht, durch mehrfache nacheinander erfolgende Wiederholung der gleichen Fallerscheinung die Beobachtungszeit zu verlängern und damit die einfache Fallzeit einer erheblich größeren Genauigkeit zugänglich zu machen. Das Verfahren dürfte besonders auch für Schülerübungen geeignet sein.

Die Beobachtungen werden aus zwei verschiedenen Höhen angestellt. Die Hilfsmittel für die Versuche bestehen in einer richtiggehenden Stoppuhr und einer größeren Anzahl Bleikugeln (sog. Rehposten). Die Bleikugeln werden durch einen leichten Hammerschlag ein wenig abgeplattet, um das Rollen derselben zu verhindern.

Etwa 5 bis 10 Kugeln legt man in Abständen von 1 bis 2 cm abgezählt vor sich hin auf ein glatt gehobeltes Brett, und zwar ganz dicht an die dem Beobachter zugekehrte Kante des Brettes. Auf den Boden des Fallschachtes genau unter dieses Brett wird eine Holzkiste zum Auffangen der Kugeln gestellt. Um das Aufschlagen der Kugeln scharf hören zu können, legt man zweckmäßigerweise den Boden der Kiste mit Papier aus.

Die erste der abgezählten Kugeln stößt man durch Krümmen des Zeigefingers ab. Gleichzeitig setzt man mit der linken Hand die Stoppuhr in Bewegung, was sich nach einiger Übung leicht erreichen läßt. Sowie man das Aufschlagen der ersten Kugel hört, stößt man die zweite in gleicher Weise ab, und so fort, bis alle Kugeln, die man vor sich liegen hatte, gefallen sind. Gleichzeitig mit dem Aufschlagen der letzten Kugel hält man die Stoppuhr an.

Die beobachteten Fallzeiten bedürfen folgender Korrektionen:

1. Es vergeht eine bestimmte Zeit τ, bis der Schall vom Boden des Fallschachtes in das Ohr des Beobachters gelangt. Diese Zeit ist für den einzelnen Fall gering, sie summiert sich aber bei n Kugeln auf $n\,\tau$ Sek. Dieser Fehler wird dadurch eliminiert, daß man aus der Fallhöhe und der Schallgeschwindigkeit τ berechnet und $n\,\tau$ Sek. von der beobachteten Fallzeit abzieht.

2. Es vergeht ferner eine bestimmte Zeit, bis die Gehörsempfindung des Schalles eine Bewegung des Fingers auslöst. Diese Zeitdauer wird naturgemäß individuell verschieden sein. Sie wird aber auch verschieden sein zu Anfang und zu Schluß der Beobachtungen, wenn man eine gewisse Übung erreicht hat. Dieser persönliche Fehler x wird im Mittel ziemlich konstant bleiben, wenn man folgendes beachtet: Die Versuchsanordnung ist in beiden Höhen ganz gleichartig einzurichten, und zwar

---

*) Ein auf dem gleichen Prinzip beruhender Apparat wird von Herrn Dr. P. Gehne in einem der nächsten Hefte der Zeitschrift beschrieben werden. *Die Redaktion.*

so, daß man in ganz bequemer Weise arbeitet. Ebenso ist es zweckmäßig, drei Beobachtungen aus der Höhe h_1, dann drei Beobachtungen aus der Höhe h_2 und wieder drei Beobachtungen aus Höhe h_1 usw. vorzunehmen.

3. Inwieweit der Einfluß der Luftreibung von Bedeutung ist, soll unten betrachtet werden (S. 154).

Beobachtungssätze.

Fallhöhe $s_1 = 813$ cm.

Anzahl der gefallenen Kugeln	Beobachtete Zeit	Korrektion
$n = 5$	7,6 Sek.	
	7,6 -	$\tau = \frac{8{,}1_3 \cdot 5}{330} = 0{,}12$ Sek.,
	7,8 -	
	7,6 -	also die korrigierte Zeit
	7,6 -	$T_1' - n\tau = 7{,}52$ Sek.

Mittel $T_1' = 7{,}64$ Sek.

und daraus die Fallzeit einer Kugel $\vartheta_1' = \frac{T_1 - n\tau}{n} = 1{,}50_4$ Sek.

Anzahl der gefallenen Kugeln	Beobachtete Zeit	Korrektion
$n = 10$	15,4 Sek.	
	15,2 -	
	15,4 -	$\tau = \frac{8{,}1_3 \cdot 10}{330} = 0{,}24$ Sek.,
	15,2 -	
	15,2 -	also die korrigierte Zeit
	15,4 -	$T_1'' - n\tau = 15{,}06$ Sek.

Mittel $T_1'' = 15{,}30$ Sek.

und daraus die Fallzeit einer Kugel $\vartheta_1'' = \frac{T_1'' - n\tau}{n} = 1{,}50_6$ Sek.

und aus beiden Sätzen das Hauptmittel . . . . . $\vartheta_1 = 1{,}50_5$ Sek.

Fallhöhe $s_2 = 1051$ cm.

Anzahl der gefallenen Kugeln	Beobachtete Zeit	Korrektion
$n = 10$	17,2 Sek.	$\tau = \frac{10{,}5_1 \cdot 10}{330} = 0{,}32$ Sek.,
	17,0 -	
	17,2 -	also die korrigierte Zeit
	17,2 -	$T_2' - n\tau = 16{,}83$ Sek.

Mittel $T_2' = 17{,}15$ Sek.

und daraus die Fallzeit einer Kugel $\vartheta_2' = \frac{T_2' - n\tau}{n} = 1{,}68_3$ Sek.

Anzahl der gefallenen Kugeln	Beobachtete Zeit	Korrektion
$n = 5$	8,4 Sek.	
	8,8 -	
	8,6 -	$\tau = \frac{10{,}51 \cdot 5}{330} = 0{,}16$ Sek.,
	8,6 -	
	8,4 -	also die korrigierte Zeit
	8,6 -	$T_2'' - n\tau = 8{,}41$ Sek.

Mittel $T_2'' = 8{,}57$ Sek.

und daraus die Fallzeit einer Kugel $\vartheta_2'' = \frac{T_2'' - n\tau}{n} = 1{,}68_2$ Sek.

und aus beiden Sätzen das Hauptmittel . . . . . $\vartheta_2 = 1{,}68_2$ Sek.

Bezeichnen wir für die Fallhöhe s_1 mit

n_1 die Anzahl der gefallenen Kugeln,
T_1 die beobachtete Fallzeit,
t_1 die wahre zu berechnende Fallzeit,
τ_1 die Zeit, die der Schall braucht, um den Fallraum s_1 zu durcheilen,
x den mittleren persönlichen Fehler

und führen für die Fallhöhe s_2 die entsprechenden Bezeichnungen ein, so können wir folgende Gleichungen aufstellen:

$$T_1 = n_1 t_1 + n_1 \tau_1 + n_1 x,$$
$$T_2 = n_2 t_2 + n_2 \tau_2 + n_2 x;$$

ferner benutzen wir die Relationen

$$s_1 = \frac{1}{2} g t_1^2, \qquad s_2 = \frac{1}{2} g t_2^2,$$

$$s_1 : s_2 = c^2, \qquad t_1 = t_2 \cdot c, \qquad t_2 = \frac{t_1}{c}.$$

Setzt man einen dieser Werte oben ein, so ist

$$\frac{T_1 - n_1 \tau_1}{n_1} = t_1 + x, \qquad \frac{T_2 - n_2 \tau_2}{n_2} = t_2 + x;$$

nach früherer Bezeichnung ist nun

$$\frac{T_1 - n_1 \tau_1}{n_1} = \vartheta_1, \qquad \frac{T_2 - n_2 \tau_2}{n_2} = \vartheta_2,$$

$$\vartheta_1 = t_1 + x, \qquad \vartheta_2 = \frac{t_1}{c} + x,$$

also

$$t_1 = \frac{(\vartheta_1 - \vartheta_2)\, c}{c - 1}, \qquad t_2 = \frac{\vartheta_1 - \vartheta_2}{c - 1}.$$

Aus den angeführten Beobachtungssätzen ergeben sich folgende Zahlen:

$$\text{Fallhöhe } s_1 = 813 \text{ cm}, \qquad \vartheta_1 = 1{,}50_5 \text{ Sek.},$$
$$\text{Fallhöhe } s_2 = 1051 \text{ cm}, \qquad \vartheta_2 = 1{,}68_2 \text{ Sek.},$$
$$\vartheta_2 - \vartheta_1 = 0{,}17_7 \text{ Sek.}$$
$$c = \sqrt{s_1 / s_2} = 1{,}13_7,$$

es ist also

$$t_1 = \frac{0{,}17_7 \cdot 1{,}13_7}{0{,}13_7} = 1{,}46_9 \text{ Sek.},$$

$$t_2 = \frac{0{,}17_7}{0{,}13_7} = 1{,}29_2 \text{ Sek.};$$

daraus ergeben sich folgende Werte für g:

$$g_1 = \frac{2 \cdot s_1}{t_1^2} = \frac{2 \cdot 1051}{1{,}469^2} = 974{,}0 \text{ cm},$$

$$g_2 = \frac{2 \cdot s_2}{t_2^2} = \frac{2 \cdot 813}{1{,}292^2} = 973{,}6 \text{ cm}.$$

Die Höhe des Fallraumes läßt sich bis auf ± 3 cm bestimmen, was einen Fehler von ± 3 cm für g zur Folge hat. t_1 und t_2 sind genau bis auf $\pm 0{,}005$ Sek.; dem entspricht der Fehler $\pm 6{,}5$ cm. g ist für unsere Breite $= 981$ cm. Aus anderen Beobachtungssätzen erhielt ich Werte, die um 10 cm größer oder kleiner waren als 981 cm; die Genauigkeit der Messungen ist also etwa 1%.

Reibung einer frei fallenden Kugel an der Luft.

Im Verhältnis zu der geringen Ausdehnung der Luftteilchen ist auch die Oberfläche einer glatt polierten Kugel so rauh und uneben, daß die einzelnen Luftteilchen an der Oberfläche nicht vorbeigleiten, sondern ihr anhaften. Es wird also die Kugel während des ganzen Falles von einer dünnen Luftschicht fest umhüllt sein.

Die Reibung, die die fallende Kugel in ihrer Bewegung hemmt, findet also zwischen der äußeren umgebenden Luft und der dünnen Luftschicht statt, die der Kugel anhaftet; sie ist abhängig von der inneren Reibung der Luft, und nach einem Gesetz von Stokes haben wir für die fallende Kugel anzusetzen

$$K = 6 \pi r \mu v .$$

K ist die reibende Kraft, r der Radius der Kugel, μ der Koeffizient der inneren Reibung der Luft, v die Geschwindigkeit der fallenden Kugel.

Multiplizieren wir K mit dem Weg, so erhalten wir den Energieverlust der fallenden Kugel während dieses Weges. Für v setzen wir $g \cdot t$, also ist der Weg in dem Zeitelement dt

$$v\, dt = g t\, dt .$$

Setzen wir diesen Wert ein und bilden für die ganze Fallzeit von t_0 bis t_1 die Summe, so haben wir den Energieverlust der Kugel während des Falles,

$$W = \int_{t_0}^{t_1} \mu \cdot 6 \pi r g^2 t^2\, dt .$$

Setzen wir die Anfangszeit des Falles $t_0 = 0$, so ist

$$W = 2 \pi r \mu g^2 t_1^3 .$$

Ist die Fallzeit der Kugel im luftleeren Raum gleich T_1, so haben wir die kinetische Energie am Ende des Falles, wenn m die Masse des fallenden Körpers ist,

$$E = \frac{m g^2 T_1^2}{2} ;$$

ist t_1 die in Luft beobachtete Fallzeit, so ist anzusetzen

$$\frac{m g^2 T_1^2}{2} = \frac{m g^2 t_1^2}{2} - 2 \pi r \mu g^2 t_1^3 ,$$

$$T_1 = t_1 \sqrt{1 - \frac{4 \pi r \mu t_1}{m}} .$$

Berechnung von T_1.

$t_1 = 1{,}29_2$ die in Luft beobachtete Fallzeit,

$r = 0{,}3$ cm der Radius der Kugeln,

$m = 1{,}28$ g Gewicht der Kugeln,

$\mu = 0{,}000179 \left[\frac{\mathrm{g}}{\mathrm{cm}/\mathrm{sec}}\right]$ innerer Reibungskoeffizient der Luft bei 15° C.

$$K = \frac{4 \pi r \mu t_1}{m} = 0{,}00067_2 ,$$

$$1 - k = 0{,}999328$$

$$\sqrt{1 - k} = 0{,}99965$$

$$T_1 = t_1 \cdot 0{,}99965 = 1{,}291_5 .$$

Der Fehler, der durch die Reibung bedingt ist, beträgt also — 0,0005 Sek.; er liegt also innerhalb des Fehlers, der bei der Beobachtung gemacht wurde und ± 0,005 Sek. betrug.

Mathem. Physik. Institut zu Königsberg i. Pr.

Chemische Versuche mit Metallwolle[1]).

Von
Prof. **O. Ohmann** in Berlin.

A. Allgemeine Eigenschaften der Metallwolle.

Für viele Versuche, bei denen Metalle zur Verwendung gelangen, ist die Art ihrer Zerkleinerung von Bedeutung, besonders hinsichtlich der Reaktionsgeschwindigkeit. Für manche Versuche sind Metallpulver oder gezogene Drähte, für andere dünne Bleche oder die dünnsten geschlagenen Metallfolien geeigneter. Eine neue Art der Zerkleinerung darf daher auf ein gewisses Interesse rechnen, und es ist der Zweck der nachfolgenden Zeilen, auf ein Material aufmerksam zu machen, das für manche Reaktionen vielleicht geeigneter ist als alle bisher vorliegenden Formen der Metallzerkleinerung. Verf. lernte zunächst in der „Stahlwolle" ein Material kennen, das sich auch für chemische Versuche vorzüglich eignet, besonders in der feinsten Nummer (Nr. 0) des Handels. Diese Stahlwolle stellt ein Gewirr feinster, ineinander verschlungener elastischer Metallfäden dar, so daß ein Bausch davon einen gegebenen Raum, z. B. ein engeres oder weiteres Glasrohr, gleichmäßig federnd anfüllt, aber Gasen noch den Durchzug gestattet. Der Grad der Auflockerung des Metalles ist ein so weitgehender, daß 100 g davon, bei nicht allzu starker Zusammenpressung, noch einen Raum von mehr als 1 cdm einnehmen. Als eine der ersten Eigenschaften dieser feinsten Stahlwolle erkannte Verf. die Fähigkeit, einem durch ein Rohr sich ausbreitenden, bereits entzündeten explosiven Gasgemisch die exothermische Wärme zu entziehen und so die weitere Ausbreitung der Explosion zu verhindern (vgl. diese Zeitschr. *XXV*, *26*).

Ein Erkundigen an der Quelle — nur das „Metallzerkleinerungswerk von Aug. Bühne & Co., Freiburg i. B.," stellt die Metallwolle nach patentiertem Verfahren her — ergab, daß die neue Methode der Metallzerkleinerung sich auch auf die anderen Metalle anwenden läßt; ferner auch, daß diese Metallwollen in Forscherkreisen so gut wie unbekannt sind und Publikationen darüber nicht vorliegen. Es wurden vom Verf. Proben oder größere Mengen von Zinkwolle, Bleiwolle, Aluminium-, Magnesium-, Kupfer-, Zinn-, Silber-, Phosphorbronze- und Messingwolle, z. T. nach eigenen Wünschen hergestellte, näher untersucht. Die für die Stahlwolle gegebene Charakteristik gilt im großen und ganzen auch für die anderen Metallwollen, doch machen sich hinsichtlich der Stabilität der Fäden ziemlich starke Unterschiede bemerkbar; auch entsprechen die Eigenschaften der feinen Fäden nicht immer den sonstigen Eigenschaften der kompakten oder sonstwie bearbeiteten Metalle. Das verhältnismäßig leichtbrüchige Zink liefert als Zinkwolle Fäden von recht erheblicher Festigkeit; z. B. lassen sich aus einem größeren Bausch Zinkwolle leicht Fäden von 20—30 cm Länge herauslösen. Ähnliches gilt von der Bleiwolle, die gleichfalls sehr lange Fäden bildet; man hält die Feinheit und Festigkeit der Fäden bei diesem sonst so weichen und wenig festen Metall kaum für möglich. Beim Transport schmiegen sich diese Fäden sehr eng aneinander; ein größerer Bausch Bleiwolle (200 g), der einen Karton ausfüllte, nahm danach nur $^1/_4$ des Raumes ein. Diese zusammengeballte Bleiwolle bildet fast einen kompakten Körper, aus dem man einen erwünschten Bausch lockerer Fäden kaum herauslösen kann. Auf Anregung des Verf. hat die Firma daher eine andere Form der Verpackung — lange, über mehrere Pappstücke gewickelte Strähnen — gefunden, bei der dieser Übelstand ver-

[1]) Die vorstehende Arbeit ist teilweise die Wiedergabe von des Verf. Aufsatz: „Über einige Eigentümlichkeiten der Metallwolle" in den Berichten d. D. Chem. Ges. 45, Heft 13, S. 2973...2976 — unter näherer Ausführung und Vermehrung der dort angedeuteten Versuche.

mieden ist. Dagegen sind die Fäden sehr feiner Kupferwolle auffälligerweise leicht brüchig, ebenso die der Phosphorbronze- und Messingwolle sowie der feinsten **Magnesiumwolle**. Ein gewisser Grad von Brüchigkeit ist natürlich infolge der großen Feinheit der Fäden bei den meisten Metallwollen vorhanden. Auf Wunsch des Verf. hinsichtlich der Brüchigkeit stellte die Firma, die es bei der Fabrikation in der Hand hat, die Stärke der Metallfäden zu variieren, vom Kupfer eine Wolle mit etwas kräftigeren Fäden her, die ein vorzügliches Material darstellt. Speziell der zuerst erwähnten Stahlwolle, die einerseits aus einem schwieriger zu bearbeitenden Material hervorgeht und die andererseits billig im großen hergestellt wird, haftet von der Fabrikation her etwas Fett an, das sich indessen nur durch den Geruch bemerkbar macht. Sie läßt sich übrigens leicht entfetten[2]).

So nützlich auch für viele Demonstrationsversuche die Anwendung von Metallwolle sein mag, so dürfte doch der Hauptwert des schönen Materials in seiner Verwendbarkeit für eigentliche Forschungszwecke, auch auf dem Gebiete der organischen Chemie, liegen; hier werden sich hauptsächlich die Zinkwolle sowie die oben erwähnte besondere Kupfer- und Magnesiumwolle bewähren, z. B. Kupferwolle auch als Ersatz der Kupferspirale bei der Elementaranalyse. Magnesiumwolle dürfte besonders bei der Argondarstellung dem bisherigen Material überlegen sein.

Im folgenden soll eine Reihe von Versuchen näher beschrieben werden, aus denen hervorgehen wird, daß einige Arten von Metallwolle sich für Demonstrationsversuche und auch für chemische Schülerübungen ganz ausgezeichnet eignen.

B. Spezielle chemische Versuche mit Metallwolle.

I. Magnesiumwolle 110/123. Die zuerst gelieferte Magnesiumwolle war für chemische Versuche wenig brauchbar, weil zu leichtbrüchig. Auf Wunsch des Verf. stellte die Firma eine Magnasiumwolle her, bei der die Fäden etwas stabiler und im Querschnitt nicht mehr rund sondern meist etwas bandartig verbreitert sind. Dieses sehr voluminöse und vorzüglich wirkende Material hat von der Firma die Bezeichnung „Magnesiumwolle 110/123“ erhalten.

1. Gewöhnliche Verbrennung. a) Faßt man einen Bausch von $\sim$ 0,5 g mit der Tiegelzange und berührt nur den Saum der Bunsenflamme, so flammt das Ganze explosionsartig auf, glüht noch einige Sekunden nach und gibt ein reinweißes Verbrennungsprodukt, das schön im Zusammenhang bleibt. — b) Bringt man einen gleichen Bausch auf eine kleine Asbestpappe und tariert ab, so kann man nach dem Entzünden eine deutliche Gewichtszunahme feststellen; doch ist der Versuch aus methodischen Gründen nicht empfehlenswert, da es sich bei dieser Gewichtsvermehrung nicht um einen reinen Oxydationsvorgang, sondern um eine Komplikation mit Nitridbildung und auch ein wenig Kohlendioxydreduktion handelt. Die Magnesiumverbrennung sollte daher auch nicht mehr — wie es noch vielfach geschieht — zur Sauerstoffwegnahme aus einem abgeschlossenen Luftquantum benutzt werden.

2. Verbrennung in Sauerstoff. Unter Verwendung der in dieser Zeitschr. (*XI, 227*) beschriebenen Apparatur (statt des Vierkantglases kann auch ein größeres Batterieglas dienen) gibt ein Bausch von $\sim$ 0,2 g, mit der Glühnadel (unter Einschaltung von wenig Zündmasse) in Sauerstoff entzündet, eine glänzende Explosionserscheinung.

3. Zersetzung des Kohlendioxydes. Die Zersetzung des reinen Kohlendioxydes durch Magnesiumwolle läßt sich in einem eleganten Versuch bewerkstelligen, doch bietet hinsichtlich des Produktes die Magnesiumwolle keine besonderen Vorteile; hier bleibt es bei dem vom Verf. in dieser Zeitschr. (*X, 174*) beschriebenen Versuch mit Magnesiumpulver.

[2]) Gereinigte Stahlwolle kann von der Firma Dr. Rob. Muencke, Berlin N., Chausseestr. 8, bezogen werden (je 50 g zu 0,50 M).

4. Für alle Lösungsversuche in den anorganischen Säuren ist das Material gleichfalls sehr gut geeignet, auch für quantitative volumetrische Versuche. Auch in organischen Säuren verlaufen die Reaktionen in bezug auf die Demonstration recht günstig; so löst sich ein Bausch in verdünnter Essigsäure unter lebhaftem Aufbrausen in wenigen Sekunden.

II. Zinkwolle. Diese Metallwolle ist ein vorzügliches Material, das den bisher gebräuchlichen Zinkspänen in jeder Beziehung überlegen ist.

5. Das einfache Verbrennen von Zinkwolle eignet sich zu einem wirkungsvollen Vorlesungsversuch. Ein entflammter Brenner wird horizontal eingespannt und eine Asbestpappe *A* (Fig. 1) darüber gebreitet. Nähert man einen kleineren, mit der Tiegelzange *T* seitlich gefaßten Bausch von Zinkwolle (1...2 g) der Spitze der Flamme, so zeigt sich eine glänzende Flammenbildung und Glüherscheinung, und die Masse bleibt im Zusammenhang, während bei dem üblichen Versuch mit den viel roheren Zinkspänen immerfort Massen von geschmolzenem Zink abfallen. Bei Anwendung eines größeren Bausches Zinkwolle ist die Erscheinung noch glänzender, doch muß man hier gewöhnlich mit einem Abfallen der unteren Hälfte der glühenden Masse rechnen, die dann auf dem Asbest noch ein längeres Nachglühen zeigt unter reichlicher Entwicklung der lana philosophica. Auch das Endprodukt ist charakteristisch: stellenweise watteartig und sehr gut zur Demonstration geeignet.

Fig. 1.

6. Gewichtszunahme beim Verbrennen. Wird im vorigen Versuch die Asbestpappe nebst Zinkbausch (2 g) abtariert, so ist nach der Verbrennung eine deutliche Gewichtszunahme festzustellen. Es dürfte dies der einfachste und kürzeste Vorlesungsversuch über die Gewichtsveränderung beim „Verkalken“ von Metallen sein, der um so überzeugender wirkt, als hier die Gewichtsvermehrung trotz des sichtbaren Substanzverlustes infolge Bildung von Rauch und der spinngewebartigen umherfliegenden Oxydmassen stattfindet. Außerdem rechtfertigt das Aussehen des Produktes das Entstehen des alten Wortes Metallkalk.

Die Versuche 5 und 6 eignen sich auch sehr gut für Schülerübungen.

7. Das Verbrennen in der Flamme des Leuchtgas-Sauerstoffgebläses ist ebenfalls ein empfehlenswerter glänzender Versuch. — Auch beim Auflösen in manchen Säuren zeigen sich einige Vorteile.

III. Bleiwolle. Diese Metallwolle hat beiläufig den Vorzug besonderer Billigkeit; sie findet auch in der Technik (z. B. zu Muffendichtungen) Verwendung.

8. Behandlung in der Bunsen- und Gebläseflamme. Eine Strähne (∾ 4 g), in gleicher Weise wie Zinkwolle (Vers. 5) behandelt, zeigt auffälligerweise Spuren von Verdampfung bzw. Flammenbildung (der Verdampfungspunkt von Blei bei gew. Druck wird meist zu 1600° angegeben). Vor dem Leuchtgas-Sauerstoffgebläse *S* (Fig. 2) erhitzt, schmilzt die Bleiwolle zwar zumeist in winzigen Tröpfchen ab, doch entsteht andererseits ein interessanter vielseitiger feiner Rauchregen *R*, der bei Verdunklung des Zimmers noch günstiger zu beobachten ist. Die sich ablösenden kleinen Kugeln zeigen die bekannten Anlauffarben.

Fig. 2.

Fig. 3.

9. Sulfurierung. In einem größeren Jenaer Probierglase (20 : 160 mm) werden 20 g Stangenschwefel geschmolzen und bis zum Sieden erhitzt. Sobald die dunkelroten Dämpfe sich bis nahe zur Mündung erstrecken, faßt man mit der Tiegelzange *T* (Fig. 3) eine Strähne Bleiwolle (2 g) und senkt den unteren Teil langsam in das

Probierglas, das senkrecht in ein Stativ gespannt ist, und dem von unten her ein (bei *A*) entsprechend perforiertes Drahtnetz *D* übergestreift ist. Die Bleiwolle entzündet sich von selbst im Schmelzdampf und schmilzt unter lebhaftem Erglühen ab.

10. Einwirkung auf Säuren. Es ist auffallend, daß die feinen Bleifäden weder von gewöhnlicher noch von rauchender Salpetersäure angegriffen werden. Überhaupt bedürfen die Lehrbuchangaben in puncto Bleieinwirkung auf Salpetersäure einer gewissen Korrektion, worauf indessen hier nicht näher eingegangen werden soll. Auch die häufige Angabe, daß Blei in feiner Zerteilung auf Salz- und Schwefelsäure einwirke, erstreckt sich nicht auf die feinen Bleifäden.

IV. Zinnwolle ist gleich der Bleiwolle ein mehr strähniges Material.

11. Die Verbrennung in der Bunsenflamme gibt einen reizvollen Demonstrationsversuch. Man kniffe einen Bogen dünnen Kartonpapiers (oder ein Stück Meterpapier) an den vier Rändern um, wie zur Vorbereitung des bekannten Antimonversuches, halte über der Mitte eine Bunsenflamme horizontal und bringe einen mit der Tiegelzange gefaßten Bausch Zinnwolle, den man nicht zu langsträhnig, sondern mehr kugelig wählt, nach und nach in die Flamme. Unter starker Rauchbildung, die beinahe ebenso erheblich ist wie beim Verbrennen von Zink, bilden sich zahllose glänzende Kügelchen, die auf dem Papier kurze Zeit unter lebhaftem Leuchten umhertanzen.

V. Stahlwolle. Von ihrer Verwendung auch zu Schülerversuchen war in dieser Zeitschrift außer an der oben erwähnten Stelle schon früher (*XXV, 361*) die Rede.

12. Beim Behandeln in der Bunsenflamme analog dem Vers. 5 läßt sich die Brennbarkeit des Eisens und der Übergang in Oxyduloxyd gut zeigen (auch Schülerübung). — Für die Behandlung vor dem Sauerstoffgebläse ist die Uhrfeder vorzuziehen.

13. Die Sulfurierung unter Erglühen erfolgt mit einiger Sicherheit nur in einem kürzeren Probierglase, ev. noch nach Eintauchen in etwas Eisenpulver. Der früher in dieser Zeitschrift (*XXIII, 345*) angegebene Versuch zur Sulfuration des Eisenpulvers am Magneten kann aber hierdurch nicht ersetzt werden.

14. Das Verhalten gegen Säuren bietet gegenüber den Eisenfeilspänen oder dem Eisenpulver verschiedentliche Vorteile; z. B. wirkt sie auf Phosphorsäure in lebhafter Weise ein, und bildet mit ihr bei bestimmter Konzentration, eine sich lange Zeit in gleicher Beschaffenheit haltende Gallerte.

VI. Aluminiumwolle bildet ebenfalls ein schönes, wenig brüchiges Material.

15. Behandeln in der Bunsen- und Sauerstoffgebläseflamme. Aluminiumwolle gibt hier nicht das erwartete Aufleuchten, das sich so stark beim Blattaluminium und dem -pulver zeigt; es widersteht also durch sein Oxydhäutchen der weiteren Oxydation sowie auch teilweise dem Abschmelzen. Doch springen ab und zu feine glänzendleuchtende Kugeln im Bogen zur Seite, die große Ähnlichkeit mit den glänzenden Funken zeigen, wie sie Verf. bei seinen Schlagversuchen mit Lithium[3]) erhielt.

16. Lösung in Säure und Lauge. Bei der Einwirkung auf Salzsäure und Kalilauge bietet Aluminiumwolle gegenüber dem üblichen Aluminiumblech gewisse Vorteile. Ein zusammengerollter Bausch, etwa von Bohnengröße, sinkt im Probierglase, das zu $^4/_5$ mit starker Kalilauge gefüllt ist, zu Boden, um sich von diesen infolge adhärierenden Wasserstoffs bald zu erheben. Jedesmal bei kräftigem Schütteln sinkt er wieder zu Boden, um sich nach wenigen Sekunden von neuem zu erheben. Diese Art der Demonstration hat für ein größeres Auditorium einige Vorteile. Der Versuch ist auch als Schülerübung recht instruktiv.

VII. Silberwolle bildet weniger feine, ziemlich zähe Fäden.

17. Behandeln in der Bunsen- und Sauerstoffgebläseflamme. Hier bilden sich ähnlich wie am Platindraht in der Gebläseflamme viele kleine Schmelz-

[3]) Berichte d. D. Chem. Ges. 39, 866 ff; 1906.

kugeln. Größere davon zeigen zuweilen deutlich eine gelblichgraue Färbung, zum Zeichen, daß eine partielle Veränderung des Edelmetalles stattgefunden hat (Fig. 4, a); doch ist dies nur von wissenschaftlichem, nicht von didaktischem Wert. Als Beweis für das Edelmetall ist vielmehr das Erhitzen von starkem Silberdraht oder -blech, wobei sich reinweiße Schmelzprodukte bilden, vorzuziehen.

Welcher von den vorstehenden Versuchen für Vorlesungszwecke, für den Klassenunterricht oder die Schülerübungen für passend erscheint, wird sich am besten aus der praktischen Erprobung ergeben. In erster Linie empfiehlt Verf. die Anschaffung von Stahlwolle, Zink- und Bleiwolle, weiterhin von Magnesiumwolle 110/123, Aluminium-, Zinnwolle usw.[4]).

a

Fig. 4.

Zur Demonstration der Brownschen Bewegung.

Von

Hans Schimank in Berlin-Schöneberg.

Während bisher eine Demonstration der Brownschen Molekularbewegung nur mit Hilfe des Ultramikroskops ausführbar war, in den meisten Schulen also trotz ihres großen Interesses nicht gezeigt werden konnte, ist dies nunmehr dank der Methoden von Millikan und Regener zur Bestimmung des elektrischen Elementarquantums unschwer möglich. Wir beschreiben im folgenden eine vereinfachte und gut erprobte Anordnung, die sich mit sehr geringen Mitteln realisieren läßt. Bevor wir die Anordnung als solche skizzieren, mögen zunächst ihre einzelnen Bestandteile besprochen werden.

1. Die Lichtquelle. Als Lichtquelle von ausreichender Helligkeit kann außer einer Bogenlampe beliebiger Konstruktion eine Nernstlampe in der Anordnung nach Grimsehl mit bestem Erfolge angewandt werden. Wo kein Anschluß an die Elektrizitätszentrale vorhanden ist, leistet folgende einfache Anordnung, mit der meine Versuche angestellt wurden, treffliche Dienste.

In die Schmalseite einer größeren Zigarrenkiste A wird eine kreisförmige Öffnung von ~ 4 cm Durchmesser geschnitten und in diese ein Stück zusammengerollten Aktendeckels B nach Art eines Tubus gesteckt. Am entgegengesetzten Ende einer Längsseite wird eine zweite Öffnung herausgeschnitten, durch die sich ein breiter Kork K nur mit Mühe schieben läßt (Fig. 1).

Nachdem dieser Kork, der an beliebigen Stellen zwei Längsrinnen trägt, zu etwa $^2/_3$ hindurchgeschoben ist, wird mittels Siegellack oder Picein eine fertig montierte kleine Edisonfassung befestigt und die Zuleitungsdrähte durch die Rillen aus der Kiste herausgeführt. Nun schraubt man eine 6-Volt-Osramlampe L mit Λ-förmigem Faden ein und dreht dann den Korken so, daß, durch den Tubus gesehen, der vordere Schenkel des Metallfadens den hinteren vollständig verdeckt; man hat also in praxi eine fadenförmige Lichtquelle, die bei einer Überspannung von 2 Volt ein sehr helles Licht ausstrahlt und mit Prisma und Linse ein reines und lichtstarkes Spektrum liefert.

K A O B L

Fig. 1.

Man hat in diesem improvisierten Projektionsapparat zugleich einen horizontalen oder vertikalen Lichtzeiger, je nachdem man die Zigarrenkiste mit dem Boden oder

---

[4]) Die verschiedenen Arten der Metallwolle sind von der Firma Aug. Bühne & Co, Freiburg i. B., sowie von der Firma Dr. Rob. Muencke, Berlin N, Chausseestr. 8 und von der Firma Paul Altmann, Berlin NW, Luisenstr. 47 zu beziehen.

der zweiten Längskante auf den Tisch stellt. Als Projektionslinse O dient ein Leseglas vom ungefähren Durchmesser der Tubusweite, das vor der ganzen Anordnung in bequemer Weise verschoben werden kann.

2. Die „Rauchkammer“. Nunmehr handelt es sich um die Herstellung eines Raumes, in dem die Molekularbewegungen ohne störende Einwirkung von Konvektionsströmen beobachtet werden können. Zu diesem Zweck wird in ein Brett von etwa 7 cm Länge, 3—4 cm Höhe und 1 cm Stärke ein kreisförmiges Loch von $1^1/_2$—2 cm Durchmesser geschnitten (Fig. 2) und dieses dann beiderseits durch dünne aufgekittete Glasplatten verschlossen. Am einfachsten erzielt man dabei einen luftdichten Verschluß, wenn man ein Stückchen Plastilin, das man in Spielwarenhandlungen erhält und das vielfältiger physikalischer Verwendung fähig ist, dünn ausrollt, um die Durchbohrung herumlegt, so daß ein geschlossener Ring entsteht, und nun die Glasplatte sanft andrückt. Wie Fig. 2 erläutert, bohrt man dann zwei Löcher von $\sim$ 3 mm Durchmesser in die eine Seitenwand der Kammer und setzt mittels Siegellacks G dünne Glas- oder Messingröhrchen in diese ein, durch die man Rauch in den Innenraum (R) zu blasen vermag. Über die freien Enden der Röhren schiebt man Gummischläuche, die durch Quetschhähne geschlossen werden können. Um auch die elektrischen Ladungen und das Prinzip der Elementarquantenbestimmung vorzuführen, kann man schließlich noch zwei parallele Metallplatten P in die Kammer einkitten, die mit den Messingröhrchen metallisch verbunden und dann an die Pole der Lichtleitung angeschlossen werden. Für den vorliegenden Zweck kann man übrigens eine geeignete Hochspannungsbatterie aus verbrauchten Batterien[1]) für Taschenlampen herstellen, die ja meist nicht völlig ausgebrannt sind, und denen beim Kurzschluß durch den Gasraum der Kammer praktisch kein Strom mehr entzogen wird. Völlig verbrauchte Batterien stören natürlich durch ihren hohen inneren Widerstand; man muß also vor dem Zusammenlöten die einzelnen Batterien prüfen.

Fig. 2.

3. Das Mikroskop. Zur Beobachtung der Molekularbewegung bzw. des elektrischen Verhaltens der Rauchteilchen dient ein einfaches Mikroskop von 100 bis 150 facher Vergrößerung, das man aus seinem Stativ herausgenommen hat. Eine stärkere Vergrößerung als die angegebene ist weder notwendig noch — wegen der geringen Tiefenwirkung — vorteilhaft.

4. Versuchsanordnung. Nach diesen Erörterungen können wir nun zur eigentlichen Versuchsanordnung übergehen. Wie bei der Demonstration der Brownschen Bewegung in Flüssigkeiten geschieht die Beobachtung in indirektem Licht; man sieht also nicht die Teilchen selbst, sondern nur ihre Beugungsbilder. Man gelangt so zu folgender Aufstellung (Fig. 3):

Fig. 3

Die Rauchkammer R wird in einen Retortenhalter od. dgl. gespannt und das Mikroskop M, das horizontal an einem Bunsenstativ befestigt ist, mit seiner Achse senkrecht vor ihr aufgestellt. Nun entwirft man dicht an der Innenseite der vorderen Verschlußplatte der Kammer durch dieProjektionslinse L ein möglichst scharfes Bild des vertikalen Lampenfadens. Dabei müssen die Lichtstrahlen die Kammer schräg durchsetzen, so daß kein direktes

[1]) Solche „ausgebrannten“ Batterien erhält man umsonst oder doch sehr billig in Installationsgeschäften.

Licht in das Objektiv des Mikroskopes gelangt; das Gesichtsfeld ist also nahezu dunkel. Bläst man nun Zigarren- oder Zigarettenrauch in die Kammer ein, so tritt eine plötzliche Aufhellung des ganzen Feldes ein. Durch vorsichtiges zugweises Saugen entfernt man nun den größten Teil des Rauches wieder und erhält jetzt bei richtiger Einstellung des Mikroskops eine Anzahl heller Punkte auf dunklem Grunde. Unter dem Einfluß des Gravitationsfeldes sinken die Rauchteilchen nach unten und man sieht deshalb ihre Beugungsbilder wie eine Schar von Schneeflocken das Gesichtsfeld von unten nach oben durchziehen.

Schaltet man jetzt ein elektrisches Feld im Innern der Kammer ein, so beobachtet man, wie manche Teilchen eine Beschleunigung, andere eine Verzögerung ihrer Bewegung erfahren, oder gar ihre Bewegungsrichtung völlig umkehren, je nach Art und Zahl der Ladungen, die sie tragen. Die eigentlichen Brownschen Bewegungen, die durch die Stöße der Gasmoleküle hervorgerufen werden, zeigen sich in den unregelmäßigen seitlichen Verschiebungen der Teilchen und können besonders schön beobachtet werden, wenn man durch rechtzeitiges An- und Abschalten des elektrischen Feldes ein einzelnes Teilchen längere Zeit im Gesichtsfelde erhält. Freilich entzieht es sich auch unter diesen Umständen schließlich der Beobachtung, da die Brownschen Bewegungen in Richtung der dritten Achse es allmählich aus dem Bereich der Tiefenwirkung des Mikroskops entführen.

Für die praktische Ausführung ist noch folgendes zu bemerken: Man richte das Mikroskop auf die hell beleuchtete Austrittsstelle des Strahlenbündels aus der Kammer, stelle ein auf die Beugungsbilder der Staubteilchen, die an der Innenseite der Glaswand haften, und nähere dann das Instrument der Kammer noch um ein weniges mehr. Sollte das Gesichtsfeld zu hell erscheinen, so genügt eine kleine seitliche Verschiebung des Mikroskops, um es hinreichend zu verdunkeln. Eine nähere Erläuterung der Fig. 3 dürfte sich erübrigen.

Die Wetterkartentafel, ein neues Lehrmittel für den wetterkundlichen Unterricht.

Von

Dr. **Lauwartz** in Limburg a. d. Lahn.

Unter den mannigfaltigen Lehrmitteln für den Unterricht in der Meteorologie nimmt die Wetterkarte eine überragende Stellung ein: sie ist zugleich wichtigstes Lehrmittel und letztes Lehrziel im genannten Unterricht; denn dieser findet in der Erläuterung von fertigen Wetterlagen seine eigentliche Vollendung und zugleich die wichtigste Anwendung der vorhergegangenen Lehre von den einzelnen Wetterelementen. Soll dieser doppelten Forderung mit Erfolg entsprochen werden, so müssen mit der ganzen Klasse — am besten schon in Obersekunda — möglichst viele, beliebig gewählte Beispiele von Wetterlagen durchgesprochen werden. Dieser Aufgabe suchten bislang vor allem die BÖRNSTEINschen Wetterkarten gerecht zu werden; allein, soviel Gutes sie auch schon in den höheren Schulen geleistet haben, so scheinen sie mir doch aus mehreren Gründen verbesserungsbedürftig; zunächst aus äußeren: die BÖRNSTEINschen Karten enthalten neben den für die Wetterlage maßgebenden schwarzen Isobaren auch noch die rotgezeichneten Isothermen, die in Verbindung mit den ersteren verwirrend wirken; sodann ist auf ihnen die 760er Isobare durch Druck auffallend stark hervorgehoben, was zu der irrtümlichen Auffassung verleiten könnte, als sei diese Kurve die Trennungslinie zwischen den Hochs und Tiefs, während sie doch bald den ersteren, bald den letzteren Gebieten angehören

kann, je nach ihrer Ausbildung. Während sich indes diese Mängel durch Neudruck beseitigen ließen, haften ihnen andere an, die in der Form und Anlage der Karten selber begründet sind. Denn einmal stellen die Börnsteinkarten fertiggedrucktes Wetter vergangener Tage dar, was die Schüler naturgemäß weniger zu fesseln vermag als die gerade gegebene Wetterlage; sodann läßt sich nicht gut, wie man zugeben wird, die fast unendliche Mannigfaltigkeit in unsrem Wetter auf die kleine Zahl von 12 Typen bringen.

Diese Mängel werden vermieden, wenn man in der Schule das beste Material, das ihr geboten werden kann, die tägliche Wetterkarte der amtlichen Dienststellen, vorführt; aber hier ergeben sich Schwierigkeiten anderer Art: erstens wird es nicht immer leicht sein, von den Wetterwarten die nötige Anzahl von Karten für längere Zeit zu erhalten; sodann aber — und das ist der Hauptgrund —: der Lehrer mag noch so genau erklären; er geht nie sicher, daß nun auch alle Schüler auf den vor ihnen liegenden Wetterkarten dasselbe beobachten.

Um diesen Schwierigkeiten aus dem Wege zu gehen, bin ich mit der Wandtafelfabrik Adolf Stein, Frankfurt a. M., in Verbindung getreten, die nach mehreren Versuchen eine Tafel hergestellt hat, auf der es möglich ist, jede beliebige Wetterlage gleichzeitig einer ganzen Klasse vorzuführen[1]). Die neue Wetterkartentafel ist eine abwaschbare, leicht transportable Wandtafel, die, wie die Abbildung zeigt, in der Hauptsache die Umrißzeichnung Europas in silberweißem Aufdruck auf schwarzer Tafelmasse enthält; sodann sind auf ihr neben den Stationskreisen die wichtigsten meteorologischen Stationen nach Art der halbstummen Landkarten aufgedruckt; rechts unten folgen noch einmal die Abkürzungen für die Ortsnamen nebst deren vollständiger Bezeichnung (z. B. Be = Berlin, Mü = München); dieser Zusammenstellung entspricht auf der linken Tafelseite die Angabe der wichtigsten Hydrometeore.

Die „Gebrauchsanweisung" für das neue Lehrmittel ist bald gegeben: Das ganze Verfahren besteht in der Übertragung einer beliebigen Wetterkarte in vergrößertem Maßstab auf die Tafel; hinsichtlich der technischen Ausführung sei folgendes bemerkt; man kann so vorgehen, wie es beim Entwurf der Wetterkarten geschieht, indem man zunächst die einzelnen Wetterelemente einzeichnet und zuletzt die Isobaren entwirft, oder auch umgekehrt; dabei ist es durchaus nicht nötig, daß man alle Angaben der Vorlage nachzeichnet; man wird ruhig jene fortlassen dürfen, welche weder für das Wetter noch auch für die geographische Lage des Schulortes Bedeutung haben. Meist wird man dabei die Karte vor der Unterrichtsstunde entwerfen; man wird aber auch gut tun, die eine oder andere Karte vor den Augen der Schüler zu entwerfen, damit diese das ganze Wetter vor sich entstehen sehen.

Es sei mir nunmehr gestattet, kurz zu schildern, bei welchen Gelegenheiten die neue Tafel gebraucht werden kann; ihre Verwendbarkeit beschränkt sich nämlich nicht auf die Vorführung fertiger Wetterlagen; die Tafel läßt sich vielmehr organisch mit der ganzen Lehre vom Wetter verbinden, etwa im Anschluß an den guten, von Dr. F. Linke und J. Klößner verfaßten „wetterkundlichen Unterricht".

1. Von weittragender Bedeutung in der Wetterlehre ist der Isobarenbegriff; da bietet die Tafel ein gutes Hilfsmittel zu seiner Erläuterung; entweder bildet man sich die Beispiele selber, oder aber, was besser ist, man entnimmt die Luftdruckangaben den Wetterberichten einer größeren Tageszeitung und trägt sie von Ort zu Ort in die Tafel ein. Dann beginnt man mit dem Entwerfen der Kurven, indem man, mit der innersten Linie anfangend, in einem Tief z. B. alle Punkte miteinander

---

[1]) Der Preis der einseitig bedruckten Wetterkartentafel stellt sich auf M 40, der der zweiseitig bedruckten auf M 50. Die letztere ist vor allem wegen der größeren Verwendbarkeit für höhere Schulen vorzuziehen.

verbindet, die den Luftdruck von 740 mm besitzen; diese Linie scheidet alle Orte unter 740 mm — die im Kern des Wirbels liegen — von denjenigen über 740 mm; letztere werden wieder sortiert und zwischen ihnen die 745er Linie gezogen; so fährt man fort, und indem man dann die nicht benutzten Angaben auslöscht, erhält man statt der unübersichtlichen Zahlenangabe die einfache und klare Isobarendarstellung. Nebenbei sei bemerkt, daß man in diesem Verfahren ein wichtiges Beispiel zur Veranschaulichung von Isokurven besitzt.

2. Weiter bietet die Tafel Gelegenheit, die gegenseitige Abhängigkeit der einzelnen Wetterelemente in Form von sog. unvollständigen Wetterkarten vorzuführen. So kann z. B. der funktionelle Zusammenhang von Luftdruck und Bewölkung, oder von Luftdruck und Windstärke und -richtung, oder von Luftdruck, Bewölkung und Lufttemperatur unter Berücksichtigung des Gegensatzes zwischen Sommer und Winter anschaulich zur Darstellung gebracht werden. Alle diese Erläuterungen haben das Besondere, daß man die Beispiele für sie nicht zu fingieren braucht, daß man sie vielmehr den täglichen Wetterkarten, d. h. also der Wirklichkeit, entnehmen kann.

3. Auf den Wetterelementen baut sich die Lehre von den Hoch- und Tiefdruckgebieten auf; hat man nun die thermische Erklärung von ihrer Entstehung gegeben, so wird man dazu übergehen, an zwei geeigneten Beispielen das Verhalten von Wind, Bewölkung, Temperatur und Ausscheidungsprodukten im Tief und Hoch aus der Figur abzulesen und sie dann mit Hilfe der entwickelten Theorie erklären. An einem anderen Beispiel wird man dann die für unser Wetter meist ausschlaggebenden Teilgebilde, die sog. Randhochs und Randtiefs, vorführen und zeigen, daß in ihnen sich der Wetterverlauf ähnlich abspielt wie im selbständigen Wirbel. Man kann ferner anschaulich den Drehungssinn sowohl des ganzen Wirbels wie auch seiner Randgebilde klarstellen, ebenso auch ihre Zugrichtung, ferner die barischen Windgesetze ableiten, aus der Richtung der Windpfeile auf die Erdrotation schließen u. a. m.

4. Man ist nun soweit, daß man zur Vorführung vollständiger Wetterkarten übergehen kann, und zwar am besten so, daß man mit einfachen Wetterlagen beginnt, so wie sie z. B. der Altweibersommer bietet, um dann zu verwickelteren Lagen überzugehen, wo ein oder gar zwei kräftige Tiefs mit etwa vorhandenen Hochs um die Herrschaft ringen.

Die Frage: Woher nimmt man nun das Material zur Wiedergabe von Wetterkartenbildern? ist glücklicherweise heute leicht zu beantworten; ich möchte aus dem Vielen nur die folgenden herausgreifen: Zunächst sei auf die Wetterkarte hingewiesen, die Herr Dr. Linke am Schluß des vorerwähnten Buches mit Erklärungen veröffentlicht hat; eine wertvolle Sammlung bietet Herr Professor Freybe in seinem Wetterkartenatlas; dieser enthält eine methodisch geordnete und vollständig erklärte Zusammenstellung von 25—30 Wetterlagen. Weiter verdient dann besondere Erwähnung das in der Sammlung Natur und Geisteswelt erschienene von Herrn Dr. Richard Hennig verfaßte Werkchen: Gut und Schlecht Wetter. Es ist ein ganz reizend geschriebenes Buch über das deutsche Wetter, wie es sich im Laufe eines Jahres abspielen kann;

es zeigt diesen Verlauf an der Hand von 40 Wetterkarten, die unter charakteristischen Überschriften: verspätetes Frühjahr, dürre Hitze, Novemberstürme usf., ausführlich beschrieben werden. Auch die Wetterberichte der großen Tagesblätter liefern wichtiges Material; sie alle aber werden für unseren Zweck an Bedeutung von der täglichen Wetterkarte übertroffen; und keine höhere Lehranstalt sollte versäumen, auf sie bei der nächsten Dienststelle zu abonnieren. Darin besteht vielleicht der wichtigste Vorzug der neuen Tafel, daß man auf ihr gerade das heutige Wetter wiedergeben kann, das sicher für die Schüler das größte Interesse bietet, zumal es dann auch durch eigene Beobachtungen in seinem weiteren Ablauf verfolgt werden kann.

Noch auf eine Anwendung der neuen Tafel sei hingewiesen. Manchmal ereignen sich im Laufe eines Jahres besonders charakteristische Wetterfälle, auf deren Wirkungen die Schüler durch eigene Beobachtung oder Zeitungsberichte aufmerksam wurden. Da kann man ihrer wißbegierigen Frage: Wie ist das gekommen? begegnen und allen Schülern der Klassen, die den Unterricht in der Wetterkunde schon genossen haben, Ursache und Verlauf des in Frage stehenden Wetters an der Wettertafel vorführen.

Aus dem Vorstehenden erhellt, daß die Wetterkartentafel in den Mittelpunkt der ganzen Wetterlehre hineingestellt werden kann. Sie soll ein brauchbares Schullehrmittel sein und erfüllt ihre Aufgabe, wenn sie mit dazu beiträgt, in unsren Schulen die Wetterkunde zu vertiefen und in unsren Schülern ein über die Schule hinausgreifendes Interesse am Wetter zu erregen und zu befestigen.

Kleine Mitteilungen.

Neue elektromagnetische Auslösung für die Gewichte der Fallmaschine.

Von Dr. **P. Anderhalden** in Sarnen (Schweiz).

Die gebräuchlichen elektromagnetischen Auslösungen sind nach Art der in Preisliste 50 Nr. 51788 von Max Kohl abgebildeten konstruiert. Es sei dahingestellt, ob die herabfallende Klappe nicht hin und her pendelt und das am Anfang langsam fallende Gewicht ins Schwanken bringt. Bei der Fallmaschine, deren ich mich bediente, war dieser Übelstand vorhanden. Ich konstruierte deshalb die in beistehender Figur im Grundriß dargestellte Auslösung, die jede Erschütterung des fallenden Gewichtes absolut vermeidet. M ist der Elektromagnet, $A\,A$ sind Klötzchen aus weichem Eisen, die als Anker dienen. Sie sind an einem Winkelhebel aus Flachmessing um die Punkte $B\,B$ drehbar. Zweckmäßig sind bei B Röhrchen, die sich um Stifte im Grundbrett mit sanfter Reibung drehen und die Winkelhebel in horizontaler Lage genügend festhalten. F ist eine Zugfeder, die ziemlich schwach sein kann, denn sie braucht am Gewicht G nur eine dem Übergewicht entsprechende Reibung hervorzurufen. Das Gewicht wird von den Enden $E\,E$ des Winkelhebels umfaßt. Um die Gewichte nicht zu beschädigen, sind die Teile E auf der innern Seite mit Leder gefüttert. Das Grundbrett trägt die Anschlußklemmen $K\,K$ und auf der untern Seite senkrecht zur Ebene des Brettes einen Metallzapfen Z, womit die Vorrichtung in ein Bunsenstativ eingeklemmt wird. Die Wirkungsweise bedarf keiner Auseinandersetzung, wesentlich neu ist aber der Umstand, daß die beschriebene Vorrichtung nicht das fallende, sondern das steigende Gewicht auslöst. Immer umfaßt die Zange den untersten Teil des

Gewichtes, auch dann, wenn 2 oder 3 Gewichte zusammengeschraubt sind. Das hierdurch bedingte Tieferstellen der Auslösung geschieht am Bunsenstativ mit Leichtigkeit. Sorgt man dafür, daß das Gewicht G zentrisch in der Zange hängt, wovon man sich durch einen Fingerdruck auf die Anker A schnell überzeugen kann, so erfährt auch das steigende Gewicht keinen Stoß, in jedem Fall ist das fallende Gewicht ganz unbeeinflußt. Der kleine Apparat hat sich trefflich bewährt und dient auch zu andern Versuchen, um Kugeln aus beliebigem Material zu fassen und frei zu lassen. Da dieser Apparat durch Erregung des Magnetismus wirkt, ist er ohne Zweifel einem Elektromagnet, der eine eiserne Kugel festhält und durch Stromunterbruch freigibt, mindestens ebenbürtig, da ein wenn auch kurz dauerndes Kleben beim beschriebenen Apparat ausgeschlossen ist. Da die Winkelhebel nur aus Blech gemacht sind, kann man verschieden große Gewichte festhalten, man braucht nur mit der Krümmung bei B nachzuhelfen, wobei aber der Abstand der Anker nicht größer werden soll. Im Ruhezustand liegen die Anker an den Stiften SS an.

Zur Technik des Quinckeschen Interferenzversuches.

Von **H. Riegger** und **J. Zenneck** in Danzig-Langfuhr.
(Mitteilung aus dem physikalischen Institut der Technischen Hochschule.)

Die große pädagogische Bedeutung des Quinckeschen Interferenzversuches hat ihn wohl überall in der Experimentalvorlesung und dem physikalischen Praktikum eingebürgert. Gleichwohl ist die übliche Art der Ausführung, bei der als Tonquelle eine Stimmgabel und als Indikator das Ohr des Beobachters dient, wenig geeignet weder für Demonstrationszwecke in einer Experimentalvorlesung noch für Messungen in einem mehr oder weniger geräuschvollen Praktikum. Erheblich besser sind Anordnungen[1]), bei denen als Tonquelle ein in der Mitte eingeklemmter Stahlstab, der

Fig. 1.

durch Reiben in Longitudinalschwingungen kurzer Wellenlänge versetzt wird, und als Indikator eine Gasflamme zur Verwendung kommt (vgl. Fig. 1). Besonders geeignet scheint uns folgende Anordnung zu sein:

Man läßt das Gas aus einem **scharf konischen Rohr** (vgl. Fig. 2) mit annähernd elliptischer Öffnung (bei unseren Versuchen lange Achse der Ellipse = ca. 1,5 mm, kurze Achse = ca. 0,8 mm; Gasdruck der städtischen Zentrale = ca. 62 mm Wassersäule) ausströmen und stellt dasselbe vor dem Ende C (Fig. 1) des Interferenzapparates auf. Das Bild der Flamme ist dann dasjenige von Fig. 3, wenn bei C ein Schwingungsminimum vorhanden ist; es geht um so mehr in das Bild von Fig. 4 über, je größer die Amplitude der Schwingung in C ist.

Um die Lage der Minima zu demonstrieren, braucht man nur, nachdem man die Schwingungen des Stabes erregt hat, das Posaunenrohr P (Fig. 1) allmählich auszuziehen. Sobald bei C ein Schwingungsminimum eintritt, schnellt die Flamme in die Höhe (Fig. 3), um sofort, nachdem das Minimum passiert ist, eine Form ähnlich derjenigen

[1]) Solche sind z. B. von K. Antolik (diese Zeitschr. IV, 179, 1891) angegeben worden.

von Fig. 4 anzunehmen. Die Stellung der Minima läßt sich sehr genau feststellen. Bei unserer Anordnung (λ = 133 mm) genügte eine Verschiebung des Posaunenrohres von 0,2 mm aus der Minimumlage, um eine selbst für Demonstrationszwecke deutliche Änderung der Flamme hervorzurufen.

Fig. 3. Fig. 4.

Zur Ausführung des Versuches ist im übrigen noch folgendes zu bemerken:

1. Die Flamme reagiert um so stärker, je tiefer in Fig. 2 die Ausströmungsöffnung des Gases sitzt, um so weniger, je mehr man die Ausströmungsöffnung der oberen Rohrwand nähert. Es ist nicht empfehlenswert, die Empfindlichkeit der Flamme zu groß zu wählen, da sie sonst auch in den Minimumlagen auf die Schwingungen des Stabes anspricht. Aus demselben Grunde sind empfindliche Flammen gewöhnlicher Art (feine Ausströmungsöffnung, Gas unter erhöhtem Druck) wenig geeignet.

Fig. 2.

2. Wesentlich ist, daß die Dämpfung der Stabschwingungen so klein als möglich gemacht wird. Es empfiehlt sich deshalb nicht, den Stahlstab am Ende *D* mit einer Scheibe von Kork oder Pappe zu versehen; und es ist dafür zu sorgen, daß die Einspannvorrichtung (*E*, Fig. 1) nur mit einer Kante den Stab festhält.

3. Nicht unwichtig ist die Länge des Rohres *B C*; sie wird am besten für jede Wellenlänge ausprobiert.

Demonstrations-Magnetnadeln.

Von Prof. Dr. **W. Merkelbach** in Kassel.

Die gebräuchlichen Magnetnadeln haben für den Unterricht manche Unbequemlichkeiten. Die größte ist wohl die, daß die seitlich von den Nadeln sitzenden Schüler fast nur deren schmale Seitenkanten sehen, so daß die Ausschläge schwer zu verfolgen sind. Um eine bessere Sichtbarkeit zu erzielen, hat man sich daher schon längst durch an den Spitzen befestigte Papierblättchen zu helfen versucht, eine Einrichtung, die jedoch nicht leicht unveränderlich bleibt und öfters wieder in Ordnung gebracht werden muß. Ferner ist es störend, daß die üblichen an den Nadeln befestigten Hütchen neben drehenden Bewegungen noch schaukelnde zulassen.

Fig. 1 (1/3 n. Gr.).

Die im folgenden beschriebenen Magnetnadeln vermeiden diese Übelstände. Sie sind aus rechteckigen Stahlstreifen hergestellt, die dem Beschauer ihre breite Seite zukehren. An Stelle des Hütchens ist eine seitlich in der Mittellinie angekittete dünne Glaskapillarröhre, die am oberen Ende zugeschmolzen ist, angebracht (s. Fig. 1). Da die Drehungsachse etwa 1 mm außerhalb der magnetischen Achse liegt, kann man die Nadeln nicht verwenden, wo es auf genaue Bestimmung der Ablenkungswinkel ankommt. Aber sie sind sehr geeignet für die Anstellung der magnetischen Grundversuche und für die Ermittlung der Gesetze der Einwirkung elektrischer Ströme auf Magnetnadeln, zumal ihre Empfindlichkeit bei richtiger Herstellung derjenigen der gebräuchlichen Nadeln nicht nachsteht. Sie haben ferner den Vorteil, daß sie bei

ihren Bewegungen mehr dämpfenden Luftwiderstand finden, und daß man sie sich leicht selbst in beliebiger Zahl und Größe, je nach dem besonderen Zwecke, fast kostenlos herstellen kann.

Die von mir angefertigten Magnetnadeln bestehen aus Bandfederstahl. Sollte dieser nicht leicht zu beschaffen sein, so kann man sich passende Stücke aus unbrauchbar gewordenen Uhrfedern, die man bei Uhrmachern leicht in verschiedenen Breiten und Dicken erhalten kann, durch Aufbiegen herstellen. Ich erhielt solche in Dicken von 0,25, 0,30, 0,35, 0,40, 0,50 mm und in Breiten, die zwischen 7 mm und 20 mm lagen. Hat man Sorten gleicher Breite, so wird man zur Herstellung der Nadeln die dünneren bevorzugen, da sie sich verhältnismäßig stärker magnetisieren lassen. Die Uhrfedern werden geradlinig, indem man sie durch eine Flachzange zieht und ihnen dabei eine Biegung in entgegengesetztem Sinne zu erteilen sucht.

Um von den Streifen Stücke von der gewünschten Länge abzubrechen, klemmt man sie in einen Schraubstock oder Feilkloben längs der Trennungslinie fest und knickt den nicht festgeklemmten Teil scharf um. Die hierbei an der Bruchstelle auftretende schwache Biegung beseitigt man, indem man mit einer Rundzange den Bruchrand nach entgegengesetzter Richtung biegt. Die Bruchstelle wird mit einer guten Feile geglättet. Hierauf werden die Nadeln magnetisiert und mit farbigem Anstrich versehen. Rosenberg empfiehlt die Nordhälfte rot, die Südhälfte grün zu färben wegen der Gedächtnishilfe, die man im Gleichklang der Vokale in „Nord" und „Süd" und „rot" und „grün" besitzt. Ich habe bei meinen Nadeln (wie auch bei meinen Magneten) die Nordhälfte rot, die Südhälfte weiß gestrichen, und habe letztere Farbe wegen ihrer guten Sichtbarkeit gewählt. Zum Anstrich wählt man Ölfarbe. Am einfachsten wird man ihn durch einen Anstreicher besorgen lassen. Will man ihn selbst ausführen, so eignen sich die in Tuben käuflichen Ölfarben, die allerdings auf dem Metall nur recht langsam trocknen. Der Anstrich muß so lange wiederholt werden, bis er genügend deckt.

Wie schon erwähnt dient zur Herstellung der Drehungsachse ein feines, oben zugeschmolzenes Glasröhrchen, das auf die Spitze einer Nadel aufgesetzt ist. Man wählt die Nadel recht dünn (Nr. 9; 0,5 mm dick), um auch ein enges Glasröhrchen verwenden zu können, damit die Nadel möglichst wenig exzentrisch kommt. Bei den größeren Nadeln verwendete ich dünnwandige Glasröhrchen von 1—$1^1/_3$ mm äußerem Durchmesser. Man stellt sich solche dar, indem man Glasröhren, deren Wanddicke nur einen kleinen Bruchteil des inneren Durchmessers beträgt, in einer Flamme recht weich macht und dann außerhalb der Flamme rasch bis auf die gewünschte Dicke auszieht. Mit Hilfe eines Glasmessers trennt man ein möglichst zylindrisches Stück ab, dessen Länge etwa der doppelten Breite der Magnetnadel entspricht. Das Glasmesser darf man nur mit wenig Druck über das Röhrchen führen, weil letzteres sonst leicht zertrümmert wird. Das eine Ende des Glasröhrchens wird zugeschmolzen, indem man dieses eben an den untern Saum einer Flamme bringt, bis sich ein halbkugelförmiges Glaströpfchen dort gebildet hat.

Zur Befestigung der Röhre an der Nadel benutzte ich Picein[1]) (s. d. Zeitschr. *XIX, S. 188*). Um die geeignete Stelle zu ihrer Befestigung zu ermitteln, diente folgendes Verfahren: An der Mitte des oberen Randes der (magnetisierten) Nadel wurde das untere Ende eines feinen Fadens mit einer geringen Menge von klebendem Wachs befestigt und die Ansatzstelle so verschoben, daß die freihängende Nadel eine horizontale Gleichgewichtslage einnahm. Eine dann durch die Befestigungsstelle gelegte Senkrechte wird auf der Nadel bezeichnet. Längs dieser Linie ist das Röhrchen festzukitten.

Man bewirkt dies, indem man ein ganz schwach angewärmtes Streifchen Picein zwischen zwei Platten zu einer etwa 1 mm dicken Walze rollt, längs der bezeichneten

[1]) Zu beziehen von der New York-Hamburger-Gummiwarenkompagnie in Hamburg, die es in Stangen von 100 g liefert. Preis des kg 6 M.

Befestigungsstelle an die Nadel andrückt und mit Hilfe eines heißen Messers zum Schmelzen bringt. Dann wird das Glasröhrchen, indem man es am offenen Ende faßt, vorsichtig über einer Flamme erwärmt und auf den geschmolzenen Piceinstreifen so gedrückt, daß das zugeschmolzene Ende mit dem oberen Rande der Nadel abschneidet. Hierauf bringt man den Kitt noch einmal oberflächlich durch eine in die Nähe gebrachte Flamme zum Schmelzen. Nach dem Erkalten wird aller überflüssige Kitt mit dem Messer sauber weggeschnitten und die Röhre — nachdem man sich noch einmal überzeugt hat, daß sie gut sitzt — am unteren Nadelrande abgetrennt. Es geschieht dies nach der Fertigstellung, damit kein Kitt in das Innere der Röhre eindringen kann.

Bei sehr kurzen Nadeln kann man längs der Linie, in deren Richtung die Glasröhre zu befestigen ist, eine schwache Rinne herstellen. Es gelingt dies, wenn man den Stahlstreifen zwischen einem Brettchen aus weichem Holz und einer höchstens $1^1/_4$ mm dicken Stricknadel in einem Schraubstock stark preßt. Bei stärkeren Stricknadeln bricht der Stahlstreifen leicht durch. Mit einer Flachzange sind dann die beiden Nadelhälften wieder in eine Ebene zu bringen.

Passende Stative für die Nadeln erhält man, indem man in einem aus Blei gegossenen Fuß ein dickwandiges Glaskapillarrohr (Thermometerrohr) mit Picein befestigt. Dann schiebt man in das obere Ende des Rohres ein Stückchen Picein, das man zu einer passenden Walze gerollt hat, und schmilzt es durch Erwärmen. Nach dem Erkalten schiebt man das erhitzte Ende der Nadel ein, das auch mit etwas Picein versehen worden war. Glasrohr und Nadel hat man gut senkrecht zu stellen, weil sonst die Schwerkraft die Meridianstellung der Nadel beeinflußt.

Die von mir am meisten gebrauchten Nadeln haben 12 cm Länge bei 2 cm Breite oder 10 cm Länge bei 1,2 cm Breite. Gut hergestellte Nadeln stellen sich noch bei 2 cm Länge sicher in den Meridian ein.

Die kurzen Nadeln sind recht geeignet, um die Richtung horizontal verlaufender Kraftlinien magnetischer Felder zu untersuchen. Um insbesondere nachzuweisen, daß die Achsen kleiner Magnetnadeln sich an jeder Stelle in die Richtung der durch Feilspäne dargestellten magnetischen Kraftlinien stellen, habe ich mir die in Fig. 2 in natürlicher Größe abgebildete 2 cm lange Nadel angefertigt, deren Hütchen aus einem nur 0,8 mm dicken Kapillarrohr hergestellt ist. Die Drehungsachse ist aus einer langen, 0,35 mm dicken Insektennadel aus Neusilber hergestellt, die rechtwinklig gebogen und in das Ende eines schmalen Brettchens aus Zigarrenkistenholz eingefügt ist. Letzteres geschieht, indem man das vom Kopf befreite Nadelende mit einer Flachzange kurz faßt und in ein mit einer feinen Nähnadel hergestelltes Loch in das Brettchenende einschiebt und nun ebenso nachschiebt. Man hat auch hier darauf zu sehen, daß die Spitze senkrecht steht, wenn das Brettchen auf einer horizontalen Fläche aufliegt.

Fig. 2 (n. Gr.).

Den Versuch führt man so aus, daß man sich auf starkem Papier das Kraftlinienbild eines unter dem Papier liegenden Magneten erzeugt und fixiert (z. B. mit paraffiniertem Papier, wie es Weinhold beschreibt, oder mit zerstäubtem Fixativ). Legt man nun den Magneten auf das horizontal gelegte Papier mit dem Kraftlinienbild, und zwar genau über die Stelle, die er vorher einnahm, so stellt sich die Nadel, wenn man ihr Stativbrettchen auf dem Papier verschiebt, mit großer Behendigkeit an jeder Stelle in die Richtung der Feilspanlinien. Bei stark gekrümmten Kraftlinienbogenstücken, deren Enden ungleiche Entfernung vom Magneten haben, nimmt die Nadel die Richtung der Tangente an dem Ende des Bogenstücks an, das dem Magneten zunächst liegt.

Daß die Nadel auch geeignet ist, den Verlauf horizontaler Kraftlinien in der Nähe stromdurchflossener Leiter sichtbar zu machen, ist selbstverständlich.

Schließlich sei noch bemerkt, daß es zweckmäßig ist, die Nadeln nach längerem Nichtgebrauch wieder zu magnetisieren.

Bei der Aufbewahrung hat man darauf zu achten, daß die schwachen Glasröhrchen an den Seiten nicht abgestoßen oder zerdrückt werden. Am besten ist es, sich zur Aufbewahrung niedrige Kästchen von passender Länge herzustellen, die in zwei gegenüberliegenden Seitenwänden mit der Säge hergestellte Nuten zum Einschieben der Nadeln besitzen. Man kann die Nadeln auch mit der ebenen Seitenfläche in Schachteln legen, auf deren Bodenfläche ein passendes Stück Weißblech befestigt ist.

Über die Vorgänge in der umgekehrten Ammoniakflamme.

Von Prof. Dr. **Friedrich C. G. Müller** zu Brandenburg a. H.

Die Verbrennung von Ammoniak mittels Sauerstoffs wird gewöhnlich unter Bildung einer umgekehrten Flamme so gezeigt, daß man Sauerstoff aus einem Rohr in eine Atmosphäre von Ammoniakgas strömen läßt und irgendwie entzündet. Ich verwende zu diesem Versuche seit Jahren das von mir mehrfach empfohlene Zündrohr. (Vgl. meine Technik S. 360 und diese Zeitschr. *XX*, *11*). Fig. 1 gibt eine Vorstellung von dem ganzen Apparat. Etwa 50 ccm 30% Ammoniaklösung befinden sich in dem Erlenmeyer-Kolben *A* von 300 ccm Inhalt, *B* ist das mit der Sauerstoff enthaltenden Meßglocke *D* verbundene Zündrohr, *C* das unter die zweite, mittels des Klemmrings hochgestellte, Meßglocke *E* führende Gasableitungsrohr. Man erhitzt *A* mittels sehr kleiner Flamme, bis das Gas vom Wasser neben der Glocke völlig verschluckt wird, führt das Entbindungsrohr unter die Glocke *E*, läßt den Funkeninduktor spielen und öffnet behutsam den Hahn der Sauerstoffglocke *D*. Alsbald entsteht am unteren Ende von *B* die Ammoniakflamme und zugleich steigt in *E* lebhaft Gas empor. Während die Glocke *E* sich füllt, hebt man sie mitsamt dem Entbindungsrohr in die Höhe, in dem Maße, wie das Sperrwasser im Zylinder steigt. Diese Versuchsanordnung hat sich als bequem, zuverlässig und anschaulich bewährt. Es empfiehlt sich nicht, das Gas von oben in die Meßglocke zu leiten, weil das reichlich mitübergehende NH_3 dann nur langsam vom Wasser verschluckt wird.

Selbstverständlich lag dem Aufbau dieses Apparats ursprünglich die Absicht zugrunde, das Gasvolumengesetz zu bestätigen. Nach der Gleichung $4\,NH_3 + 3\,O_2 = 2\,N_2 + 6\,H_2O$ müssen ja 3 Volumen Sauerstoff 2 Volumen Stickgas freimachen. Die Sache kam aber ganz anders. Zur großen Überraschung zeigte sich in der Glocke *E* nicht $^2/_3$ Volumen, sondern etwas mehr als doppelt so viel. Überdies brannte das Gas mit schwach leuchtender Flamme. Es mußte also neben Stickstoff reichlich Wasserstoff enthalten. Später habe ich zu drei weit auseinanderliegenden Terminen das fragliche Gasgemenge in der Explosionsbürette quantitativ untersucht und fand:

	1.	2.	3.
O_2	2,5	4,5	0,0
N_2	55,7	64,9	61,8
H_2	41,8	31,6	38,2

Der in den ersten beiden Fällen gefundene Sauerstoff rührt sicher von einer Verunreinigung mit Luft her. Der bei den Versuchen verwendete Sauerstoff enthält 5 % Stickstoff.

Die Erklärung des Wasserstoffgehalts und des Stickstoffüberschusses ist offenbar in einer Dissoziation von NH_3 in Berührung mit der von innen brennenden Ammoniakflamme zu suchen. Wenn neben 1 Vol. verbrannten Ammoniaks noch 0,3 Vol. NH_3 durch Dissoziation zerlegt würden, müßte ein Gasgemenge von 59 % N_2 und 41 % H_2 entstehen, was ungefähr dem Analysenbefund entspricht.

Die Firma Max Kohl, Chemnitz, liefert Zündröhren in guter Ausführung für 6 M. Eine Meßglocke zu 600 ccm nebst Zylinder und Klemmenring zu 17 M. Nach langjähriger Erfahrung hat sich für Unterrichtszwecke mir keine Gasmeßvorrichtung als so bequem und vielseitig verwendbar erwiesen wie diese.

Für die Praxis.

Über Unfälle bei den Versuchen mit flüssiger Luft. Von **O. Ohmann** in Berlin. Im Königl. Gymnasium zu Spandau ereignete sich — wie dem Schreiber dieser Zeilen direkt mitgeteilt wurde — im physikalischen Unterricht nachstehender Unfall. In ein zylindrisches Dewarsches Gefäß wurde in üblicher Weise flüssige Luft nahe bis zum Rande eingefüllt, um zu einem späteren Versuche zu dienen. Während der Experimentierende einen anderen Versuch demonstrierte, zersprang plötzlich nach mehreren Minuten dieses Gefäß, und seine Splitter wurden mehr als meterweit umhergeworfen. Nach Lage der Umstände ist anzunehmen, daß der Unfall auf dem Leidenfrostschen Phänomen beruht; es wurde in ein ungekühltes Gefäß und wohl zu schnell eingefüllt. Da es sich bei einem solchen Zerspringen um eine sog. Implosion handelt, so ist die Wucht der Splitter keine so große wie bei einer Explosion. Im vorliegenden Falle war jedenfalls eine Verletzung nicht zu beklagen. — An denjenigen Berliner Hochschul-Instituten, welche viel mit flüssiger Luft arbeiten, bilden solche Unfälle mit Dewarschen Gefäßen keine Seltenheit. Dort ist es verpönt, etwas von der flüssigen Luft auf den oberen Rand des Dewarschen Gefäßes kommen oder gar über den Rand nach außen abfließen zu lassen; es soll also die Schmelzstelle der beiden (technisch einzeln hergestellten) Gefäßwände nicht mit der flüssigen Luft in Berührung kommen. Auch hat es sich herausgestellt, daß es zweckmäßig ist, das Gefäß vor dem Einfüllen erst mit Alkohol auszuschwenken, diesen zu entfernen und nun zunächst langsam und wenig flüssige Luft einzufüllen und vorsichtig zu schwenken. Es wird nützlich sein, auf diese Punkte auch bei den Schulversuchen mit flüssiger Luft — denen im übrigen die weiteste Verbreitung zu wünschen ist — zu achten; im besonderen dürfte es sich empfehlen, ein neues Gefäß kurz zu prüfen, ehe man es zu einem Versuch vor der Klasse benutzt.

In den bekannteren Versuchszusammenstellungen habe ich über die genannte Unfallsmöglichkeit bzw. die Verhütungsmaßregeln nichts gefunden, auch nicht in der trefflichen Broschüre von Novicki und Mayer[1]).

[1]) Flüssige Luft. Die Verflüssigungsmethoden der Gase und die neueren Experimente auf dem Gebiete der flüssigen Luft. Von R. Novicki, Gruben-Laboratoriumsleiter in Mährisch-Ostrau, und H. Mayer, Ingenieur in Graz. Mit 48 (meist photographischen) Abbildungen. Leipzig, Robert Hoffmann. 59 S.

Ein sicherer Schieber für die Wheatstonesche Brücke von **R. Danneberg** in Dresden. Ein Stück quadratisches Fassonmessing 3,2 × 3,2 cm wird zu einem schiefen Parallelepiped gesägt, indem man es durch 2 Ebenen so schneidet, daß die Seitenkante mit der Grundfläche einen Winkel von ca. 60° bildet. Die Schwerlinie schneidet also außerhalb der Unterstützungsfigur. Man fertigt sich nun eine Schneide aus Messing von der Form ▽ und lötet sie parallel zu einer Seitenfläche, wie es die Figur zeigt, so ein, daß die Schneide eine Gerade der Grundfläche wird. Den Hohlraum gießt man mit Blei aus und lötet eine Zuführungsklemme an einer Seitenfläche fest. Damit ist der Schieber fertig, der stets mit leichtem Drucke auf dem Drahte der Brücke aufliegt, da die Schwere die Schneide aufdrückt. Man kann sehr genau ablesen, und Kontakt-, fehler sind mir nie vorgekommen. Für Schülerübungen empfiehlt sich der Schieber besonders, da Quecksilberkontakte immer Anlaß zu Unsauberkeiten geben.

Zur Lenzschen Regel. Von Dr. **Ph. Friedrich** in Darmstadt. Um dieser Regel die ihr gebührende Stelle an der Spitze der Lehre von den Induktionsströmen zu geben, kann man von dem Hereinziehen eines Eisenkerns in eine stromdurchflossene Spule ausgehen, einem Versuch, der wohl meist auch zur Erläuterung des Kohlrauschschen Federgalvanometers angestellt wird. Dabei kann man die Gegenseitigkeit der Kraftwirkung zwischen Kern und Spule durch folgende Anordnung hervortreten lassen: Eine Spule mittlerer Größe wird mittels Kordel, zweier Rollen, Wagschale und Gewichte ins Gleichgewicht gebracht (s. Fig.). Auf den Tisch wird ein Eisenkern in das untere Ende der Spule hineinragend gestellt. Indem man nun abwechselnd Spule und Kern festhält, schließt man den Strom. Man gelangt so zu dem Satz: Der Eisenkern und die stromdurchflossene Spule eines Elektromagneten halten sich gegenseitig fest, und die Trennung beider erfordert eine Arbeitsleistung, die von außen her kommt. Bei der Wiedervereinigung beider Teile dagegen leistet der Strom die Arbeit. Die Antwort auf die Frage nach den Folgen dieser Arbeitsleistungen erhält man, wenn man ein Ampèremeter mit ziemlich großem Zeiger in den Stromkreis einschaltet und die beiden Versuche wiederholt. Das Instrument zeigt beim Hereinspringen — oder auch beim Hereinschieben des Eisenkerns — einen momentanen Rückgang der Stromstärke deutlich an, wenn auch der Ausschlag naturgemäß nicht groß ist. Beim Auseinanderziehen von Spule und Kern gibt der Strommesser eine vorübergehende Zunahme der Stromstärke zu erkennen. Es legen sich also über den vorhandenen Strom Arbeitsströme, die jedesmal so gerichtet sind, daß sie die erzeugende Bewegung hemmen. Da innerhalb weiter Grenzen diese Arbeitsströme unabhängig von der primären Stromstärke auftreten, kann man die Frage aufwerfen: Ist es möglich, auch ohne primären Strom, also in einer stromlosen Spule, solche Arbeitsströme zu erzeugen? Aussichtslos ist der Versuch mit einem unmagnetischen Eisenkern, erfolgreich mit einem Magnetstab. Damit ist man bei den Induktionsströmen im gemeinen Sinn angelangt; auch hier bleibt die Regel bestehen, daß sie Arbeitsströme von solcher Richtung sind, daß sie die erzeugende Bewegung hemmen.

Zur Ampèreschen Regel. Von Dr. **Ph. Friedrich** in Darmstadt. Rascheres Verständnis der Versuche über Ablenkung der Magnetnadel durch einen Strom wird erzielt, wenn man mit unipolarer Wirkung beginnt. In einem tiefen Glastrog läßt man

mittels Korks eine magnetisierte Stricknadel S aufrecht schwimmen. Quer über das Gefäß und den oberen Pol spannt man den Stromleiter L. Als Stromquelle verwendet man zweckmäßig Akkumulatoren in Parallelschaltung, ferner einen nicht zu kurzen Leitungsdraht und einen einfachen Unterbrecher. Man kann dann der Batterie einen ziemlich starken Strom entnehmen, ohne die einzelne Zelle zu überlasten und ohne einen Rheostaten einschalten zu müssen. Auch der Stromwender wird durch Umlegen des Stromleiters entbehrt. Beides ist bei einem Grundversuch auf der Unterstufe erwünscht. Wie die Versuche zu variieren sind, braucht nicht erörtert zu werden; nur darauf soll noch hingewiesen werden, daß auch auf der Oberstufe der Versuch nutzbringend verwendet wird zur Erkennung der Richtung der Kraft, welche ein Längsstrom auf einen Pol ausübt.

Die Auflösung der Edelmetalle im Königswasser. Von **K. Wörner** in Frankfurt a. M. Die Versuche zur Auflösung der Edelmetalle Gold und Platin im Königswasser begegnen im Klassenunterricht wegen ihrer Kostspieligkeit begreiflichen Schwierigkeiten. Diese lassen sich jedoch leicht überwinden, ja es läßt sich beinahe kostenlos sogar eine recht wirkungsvolle Demonstration zusammenstellen, wenn eine Projektionslampe in den Schulräumen zur Verfügung steht.

Man füllt von 2 Glühröhrchen (ca. 10 cm Länge, ca. $^1/_2$ cm lichte Weite) das eine mit konzentrierter Salpetersäure, das andere nur zur Hälfte mit Königswasser (die Salzsäure ist zuerst einzufüllen!). Zwei Platindrähte, deren Länge die der Röhrchen um ca. 3 cm übertrifft, werden gestreckt und so rechtwinklig geknickt, daß eine Krücke von 3 cm Länge entsteht (Fig. 1). Alsdann setzt man die beiden Glühröhrchen

Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

in den Rahmen des Halters für die Diapositive ein, drückt zu beiden Seiten noch kleine Wachsklumpen fest, um eine sichere aufrechte Stellung zu erzielen (Fig. 2). Sie geben auf dem Schirm ungefähr das folgende Bild (Fig. 3). Nachdem man die zwei Drähte im Lichtkegel demonstriert hat, führt man sie einzeln in die Röhrchen ein, wo sie sich von der Flüssigkeit deutlich abheben. Im Vergleichsröhrchen mit der Salpetersäure tritt keinerlei Bewegung auf, im andern mit dem Königswasser dagegen setzt eine stürmische Gasentwicklung ein, die auf dem Bildschirm deutlich zu erkennen ist. Werden die angegebenen Maße für die Füllung nicht eingehalten, so kann das Königswasser überfließen. Nach einigen Minuten nimmt man die Platindrähte an den Krücken heraus und ersetzt sie durch Golddrähte derselben Gestalt.

Glühröhrchen und die 2 Paar Metallfäden lassen sich dem eisernen Bestand des Kabinetts einverleiben.

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Temperatur - Meßapparate *). (Originalbericht.) 1. Flüssigkeitsthermometer. Über die bei ärztlichen Thermometern gebräuchlichen Maximumvorrichtungen berichtet Wiebe [1]). Im wesentlichen gibt es 3 Formen. Die älteste, nur noch wenig verwendete Form besitzt einen durch eine kleine Luftblase vom übrigen Quecksilber abgetrennten Indexfaden (Fig. 1), die zweite, am meisten in Deutschland und einigen anderen Ländern verbreitete Form hat die von J. Brückner eingeführte Stiftvorrichtung (Fig. 2); diese besteht in einem Glasstift von 0,2—0,6 mm Stärke, der so weit in den unten erweiterten Teil der Kapillare (vgl. Fig. 2a) eingeführt wird, daß an seinem oberen Ende ein ganz enger ringförmiger Raum frei bleibt, durch den das Quecksilber beim Ansteigen der Temperatur wohl hindurchtreten, sich aber nach dem Abkühlen nicht ohne weiteres wieder zurückziehen kann. In Ländern englischer Zunge dagegen wird fast ausschließlich eine dritte, die Hickssche Vorrichtung (Fig. 3), benutzt, deren wesentlicher Teil in Fig. 3a und 3b noch einmal vergrößert abgebildet ist; hier ist im unteren Ende des Kapillarrohres eine Erweiterung geblasen, die man dann bis auf 2 feine Kanäle zusammenfallen läßt, durch die das Quecksilber bei langsamem Steigen der Temperatur nicht mehr zusammenhängend, sondern perlartig getrennt hindurchfließt. In allen Fällen kommt es darauf an, daß der Faden bei sinkender Temperatur an der höchsten Stelle verharrt. Die Vorrichtungen 2 und 3 sind ungefähr gleich gut, nur kann bei der Hicksschen Vorrichtung der Indexfaden kürzer gemacht werden als bei der Brücknerschen, so daß seine Verkürzung beim Abkühlen kleiner ist als bei jener (etwa 0,02° statt 0,07°). Bei der Frage, ob Stab- oder Einschlußthermometer vorzuziehen seien, wird darauf hingewiesen, daß bei ärztlichen Stab-Thermometern die vertieftliegenden Ätzstriche der Teilung wegen der Infektionsgefahr bedenklich sind. Es wird eine (gesetzlich geschützte) kombinierte Stab - Einschlußthermometerform empfohlen, bei der über dem Stabrohr noch einan dem Gefäß angeschmolzenes Umhüllungsrohr angebracht ist.

Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

Eine empfindliche Fehlerquelle bei Temperaturmessungen mit dem Quecksilberthermometer macht bekanntlich die „Korrektion für den herausragenden Faden“ erforderlich. Die für gewöhnlich bei feineren Messungen gebrauchte Methode, sie zu eliminieren, besteht darin, daß man neben dem Thermometer ein anderes anbringt, das ein fadenförmiges Gefäß hat und dadurch die mittlere Temperatur des herausragenden Fadens zu bestimmen erlaubt. Die beiden Formen dieser Hilfsthermometer sind die Guillaumesche Röhre und das Mahlkesche Fadenthermometer. Die erstere besteht aus einer einfachen zylindrischen Röhre, die zum Teil mit Quecksilber gefüllt ist, während bei der zweiten an das zylindrische Gefäß wiederum eine noch engere Kapillare angesetzt ist, wodurch die Empfindlichkeit seiner Angabe wesentlich erhöht ist. In einer kritischen Untersuchung über diese beiden Instrumente kommt Buckingham [2]) zu dem Er-

Fig. 2a. Fig. 3a Fig. 3b.

*) Fortsetzung des Berichts in Heft 1, S. 40.

[1]) Deutsche Mech.-Ztg. 1911, S. 77—79, S. 89—90 u. S. 189—191.

[2]) Journ. Wash. Acad. 1, S. 167—169, 1911. Bull. Bur. Stand. 8, S. 239—267, 1911.

gebnis, daß die Guillaumesche Röhre dem Mahlkeschen Fadenthermometer doch vorzuziehen ist, da die Erhöhung der Empfindlichkeit, die bei dem letzteren erreicht wird, nur durch Einführung neuer Fehler erkauft werden kann.

In einer Arbeit „über einen verbreiteten Thermometerfehler bei der Bestimmung von Siedepunkten unter vermindertem Druck" glauben A. Smith und A. W. C. Menzies [3]) darauf aufmerksam machen zu müssen, daß die Quecksilberthermometer bei vermindertem Druck andere Angaben machen als bei atmosphärischem. Die Korrektionen können bei Bestimmung von Siedepunkten bis zu 0,15° betragen und seien in keiner Arbeit über Dampfspannungen erwähnt. Für den Physiker hätte es jedenfalls eines solchen Hinweises kaum bedurft, da ihm diese Korrektion wohl bekannt ist.

2. Thermoelemente. Zur Kritik der Benutzung von Thermoelementen zur Messung von Temperaturgängen in hohen Temperaturgebieten finden sich eine Reihe von wichtigen Hinweisen in der bereits oben angeführten Arbeit von White über Schmelzpunkte. Es werden die Fehler, die durch Wärmeleitung längs der Schenkel, durch Inhomogenität und durch mangelnde Isolierung hervorgerufen werden, sowie die Mittel, sie zu vermeiden, besprochen.

Von dem thermoelektrischen Verhalten der Edelmetalle und ihrer Eignung zu Thermoelementen handelt eine ausführliche Arbeit von Geibel [4]), die in dem Laboratorium der bekannten Platinschmelze von Heraeus in Hanau ausgeführt ist. Untersucht werden eine ganze Reihe von Metallen (Pt, Jr, Rh, Pd, Au, Ag) und Legierungen verschiedener Konzentration, indem ihre Thermokraft gegen reines Platin, ihr Leitvermögen und deren Temperaturkoeffizient gemessen werden. Als eine der besten Verbindungen für thermoelektrische Zwecke bis 1000° C wird danach bezeichnet die Legierung von 40% Palladium und 60% Gold gegen Platin, die eine etwa zweimal so große Thermokraft hat als Platinrhodium gegen Platin. Nach neueren Messungen von Day und Sosman (1912) scheint indessen die Palladium-Gold-Legierung nicht homogen genug hergestellt werden zu können, so daß der Verwendung für genauere Messungen erhebliche Bedenken entgegenstehen.

Für technische Zwecke versucht man immer wieder die billigen unedlen Metalle in Temperaturen bis etwa 900° zu gebrauchen. Die Schwierigkeit ist, einer Zerstörung durch Oxydation vorzubeugen. Nach einem Patent von Ubbelohde (D.R.P. 248138 Nov. 1911) kann man so verfahren, daß man die unedlen Metalle zunächst einer Kohlung unterwirft und sie dann in Kohle einbettet, wodurch man sie gleichzeitig vor Oxydation und vor einer Änderung ihrer elektromotorischen Kraft schützt.

Eine Reihe von Neuerungen an Apparaten zu thermoelektrischen Temperaturmessungen, besonders für industrielle Zwecke, beschreibt Whipple [5]). Bekanntlich müssen die Enden des Thermoelementes, wo die Zuleitungen angeschlossen werden, eine ganz bestimmte, am besten niedrige Temperatur haben, wenn die Angaben des Elementes richtig sein sollen. Wenn die Schenkel des Elementes aus billigem Material, wie Kupfer und Konstantan, bestehen, macht es keine Schwierigkeiten, sie vom Ofen so weit fortzuführen, daß sie leicht auf konstanter Temperatur gehalten werden können. Bestehen aber die Schenkel aus Platinmetallen, so sucht man sie der hohen Kosten wegen möglichst kurz zu halten und hat dann häufig durch die Wärmeschwankungen der nahe der Ofenwandung liegenden Anschlüsse erhebliche Störungen. Um diesen vorzubeugen, schlug bereits im Jahre 1904 Bristol vor, als Zuleitungen zwei Drähte aus solchen Metallen zu wählen, die bei der Temperatur, der die Anschlußklemmen ausgesetzt sind (0° bis 100°), eine Thermokraft gegeneinander haben, die ebenso groß ist wie die des Thermoelementes selbst. Peake hat neuerdings gezeigt, daß eine Legierung aus Kupfer mit wenig Nickel dieser Anforderung hinreichend genügt. Bei Verwendung solcher „Kompensationszuführungen" tritt die in allen thermoelektrischen Kreisen vorhandene zweite Thermokraft an der Stelle auf, wo diese mit Kupferdrähten verbunden werden, während die Temperatur der Anschlußklemmen selbst ganz belanglos ist.

Selbst bei Verwendung von Kompensationsdrähten bleibt also immer noch die Forderung der Temperaturkonstanz einer bestimmten Stelle des Stromkreises zu erfüllen. Im Laboratorium erreicht man das am sichersten dadurch, daß man diese Stellen auf Eis legt, das man zweckmäßig in ein Vakuumgefäß tut.

---

[3]) Zeitschr. f. phys. Chem. 75, S. 498, 1911.
[4]) Zeitschr. f. anorg. Chem. 70, S. 240, 1911.
[5]) Electrician 68, S. 132—134, 1911.

In technischen Betrieben ist die Beschaffung von Eis meist schwierig, und für diese Fälle ist es wünschenswert, einen Thermostaten zu haben, der selbsttätig die Temperatur der Verbindungsstellen konstant erhält. Einen solchen „Thermostaten für die kalten Lötstellen" hat Horace Darwin angegeben. Seine Wirkung ist die, daß eine elektrische Heizung unterbrochen wird, sobald eine bestimmte Temperatur erreicht ist, worauf wiederum Abkühlung eintritt. Die Unterbrechung erfolgt dadurch, daß eine nach Art der Breguetschen Spirale aus 2 Metallen von verschiedenen Ausdehnungskoeffizienten zusammengesetzte Lamelle einen elektrischen Kontakt betätigt.

3. Widerstandsthermometer. Die große Bedeutung, die den Platin-Widerstandsthermometern bei der Darstellung der Skala in dem Gebiete der Temperaturen von 0° bis 50° zukommt, ging schon aus dem Bericht über die gasthermometrischen Arbeiten hervor. Aber auch im Gebiete der tiefen Temperaturen hat sich die widerstandsthermometrische Methode als äußerst fruchtbar erwiesen. So hat Kamerlingh-Onnes zur Messung der tiefen Temperaturen bereits wiederholt Widerstandsthermometer aus verschiedenen Metallen (Platin, Gold, Silber, Blei) benutzt, nachdem er deren Widerstandsänderung mit der Temperatur zuvor bestimmt hatte. Auch bei seinen neueren Untersuchungen in flüssigem Helium wurde wiederum der Widerstand verschiedener Metalle in Abhängigkeit von der Temperatur gemessen[6]). Dabei ergab sich dann, daß der Widerstand von Platin, Silber, Gold, Blei und von festem Quecksilber mit Annäherung an den absoluten Nullpunkt verschwindend kleine Werte annimmt. Kamerlingh-Onnes glaubt zu dem Schlusse berechtigt zu sein, daß er wirklich gleich Null wird, und daß der geringe Widerstand, der bei Platin noch nachweisbar ist, nicht dem Metall selbst, sondern kleinen Verunreinigungen zuzuschreiben ist. Damit versagt denn allerdings die widerstandsthermometrische Methode zur Ermittlung der allertiefsten Temperaturen.

In dem Gebiete bis etwa 20° abs. dagegen läßt sich das Widerstandsthermometer mit großem Vorteil gebrauchen. So hat es Nernst[7]) bei seinen Untersuchungen über die spezifischen Wärmen in tiefen Temperaturen sehr wertvolle Dienste geleistet. Das Prinzip der von Nernst und Eucken ausgebildeten kalorimetrischen Methode besteht darin, daß die zu untersuchende Substanz selber als Kalorimeter dient und durch einen Platindraht, dem eine gemessene Quantität elektrischer Energie zugeführt wird, um wenige Grade erwärmt wird; diese Erwärmung wird dann durch denselben Platindraht bestimmt, indem er zugleich als Widerstandsthermometer dient. Zur Eichung des Widerstandes dienten als Fixpunkte außer 0° die Siedepunkte der festen Kohlensäure, des Sauerstoffs und Wasserstoffs, und zwar in der Weise, daß sie in möglichst reinem Zustande in das Tensionsthermometer von Stock[8]) gefüllt wurden. Da dieses Instrument die Dampfspannungen unmittelbar zu messen erlaubt, so konnten nicht nur die Widerstände bei den Fixpunkten selbst, sondern auch die Widerstandskoeffizienten in der Nähe der Fixpunkte mit großer Genauigkeit gemessen werden. Daneben wurde der Platin-Widerstand auch noch mit einem solchen aus reinem Blei verglichen, dessen Änderung mit der Temperatur nach Kamerlingh-Onnes einen sehr regelmäßigen Verlauf hat. Es ergab sich, daß der Widerstand des von Kahlbaum bezogenen Bleis genau mit dem von Kamerlingh-Onnes angegebenen übereinstimmt. Damit ist der Anschluß der von Nernst gemessenen Temperaturen an die gasthermometrischen Werte von Kamerlingh-Onnes sichergestellt.

Für den Gebrauch in Temperaturen von etwa 0° bis 300° empfiehlt Marvin[9]) das Nickel-Widerstandsthermometer. Von Vorteil sei, daß es einen größeren spezifischen Widerstand und einen größeren Temperaturkoeffizienten habe. Weiter zeigt aber der Verfasser, daß die Widerstandsänderung mit der Temperatur gegeben ist durch die Formel:

$$\lg R = a + m \cdot T,$$

und daß beim Gebrauche einer Wheatstoneschen Brücke mit linearer Einteilung des Schleifdrahtes die Teile nahezu (bis auf etwa 0,1°) Temperaturgraden entsprechen. Der Vorteil, der hierin liegt, mag für praktische Zwecke zu beachten sein.

F. Hoffmann, Charlottenburg.

[6]) Comm. Phys. Lab. Leiden Nr. 119, S. 19—26, 1911.

[7]) Berl. Akad. Ber. 1911, I, S. 311 f. Ann. d. Phys. **36**, S. 395, 1911.

[8]) A. Stock u. C. Nielsen. Ber. Dtsch. Chem. Ges. **39**, II, S. 2066—68, 1906.

[9]) C. F. Marvin, Journ. Frankl. Inst. 171, 441—445, 1911.

Vorgänge bei der Elektrolyse. Von E. Grimsehl.[1]) Der Verf. benutzte die in Fig. 1 abgebildete Elektrode, einen in einem Glasrohr befindlichen, vorne eingeschmolzenen Platindraht; das vordere Ende war eben abgeschliffen und poliert. Bei der Elektrolyse von stark verdünnter Schwefelsäure bei 110 oder 220 Volt Spannung bildete sich an der Kathode ein Strahl feinster Wasserstoffbläschen („Spritzphänomen"), vgl. Fig. 2. Bei genügender Spannung und Konzentration trat das Phänomen auch auf, wenn die Elektrode als Anode diente. Bei gleicher Konzentration wuchs die Geschwindigkeit des Gasstroms mit der Spannung; bei gleicher Konzentration und Spannung war die Stromstärke proportional dem Radius der Elektrode, was darauf hindeutet, daß die Erscheinung auf die Peripherie der Elektrode beschränkt ist. Die Richtung des Gasstroms stand immer senkrecht auf der Endfläche. Mehrere parallel geschaltete Spritzelektroden zeigten gesonderte Gasströme, die sich nicht störten. Wurde die Elektrolyse in einem dünnen, planparallelen Gefäß im Magnetfelde vorgenommen, so wurde der Gasstrahl ebenso wie ein Kathodenstrahl abgelenkt. Der Verf. benutzte auch 2 Elektroden von der Form in Fig. 3 zur gewöhnlichen Elektrolyse gutleitender Schwefelsäure bei 4 Volt. Die Wasserstoff- und Sauerstoffbläschen stiegen dann in dem planparallelen Gefäß senkrecht in die Höhe. Im Magnetfelde wurden sie wie ein Strom negativer bzw. positiver Elektrizität abgelenkt. Waren die Elektroden einander sehr nahe, so gingen beide Gasströme durcheinander. Wurde der Elektromagnet durch Wechselstrom erregt, so beobachtete man ein Hin- und Herpendeln der Gasströme. Ein gleiches Hin- und Herpendeln der Ströme wurde beobachtet, wenn die Elektrolyse mit Wechselstrom, der Elektromagnet mit Gleichstrom betrieben wurde. Es gelingt sogar, die durch Wechselstrom erzeugten Sauerstoff- und Wasserstoffblasen unter Wirkung des Elektromagnets fast vollständig zu trennen, wenn man ein Auffanggefäß von zweckmäßiger Form über eine der Elektroden bringt (Fig. 4).

Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

Genauere Versuche ergaben dann allerdings, daß die Ablenkung der Gase durch ein magnetisches Feld nur vorgetäuscht wurde durch die Ablenkung, die der vom Strom durchflossene Elektrolyt im magnetischen Felde erfährt. Man beobachtet diese Ablenkung auch direkt, wenn man eine Kupfervitriollösung mit zwei Kupferelektroden elektrolysiert und der Lösung schwebende Substanzen (Sägespäne) beimischt. Die einzelnen Strombahnen werden dabei wie bewegliche Leiter im magnetischen Felde bewegt und reißen die an den Elektroden entwickelten Gase mit. Der Verf. beschreibt noch zwei Versuche zur Demonstration der Konzentrationsänderung bei der Elektrolyse einer Lösung von Zinkchlorid. Hier scheidet sich nach einigen Minuten Stromdurchgang an der Kathode (A) ein Büschel von Zinkkristallen aus. Wird der Strom umgewechselt, so löst sich bei A (das jetzt Anode ist) das Zink auf, und ein Strom konzentrierter Lösung sinkt hinunter, während an der jetzigen Kathode die verdünnte Lösung in die Höhe steigt. Der Verfasser hat die Erscheinung durch photographische Aufnahmen nach der Schlierenmethode im Bilde festgehalten. — Bei dem andern Versuch sind in ein mit 30prozentiger Schwefelsäure zum Teil gefülltes U-förmiges Glasrohr durch seitliche Ansatzrohre zwei Platinelektroden eingeführt; nach einigen Minuten Stromdurchgang zeigt sich infolge der Konzentrationszunahme im Anodenschenkel eine Niveaudifferenz. *Schk.*

[1]) Phys. Zeitschr. **13**, 1199 (1912); **14**, 81 (1913).

Ein einfacher Flammenregler. Von W. Schmidt[*]). Um eine von Druckschwankungen in der Gasleitung unabhängige konstante Gasflamme zu erhalten, benutzt der Verf. die in der Figur schematisch dargestellte Anordnung. Denkt man sich die Gaszufuhr bei D zunächst abgesperrt, die Röhren aber mit Gas gefüllt, so wirkt der Teil ABC als Heber, und das leichtere Gas wird das Bestreben haben, von dem kürzeren Schenkel AB nach dem längeren BC zu strömen und bei C auszufließen. Wird nun bei D mehr Gas zugeführt, als nach den gegebenen Bedingungen des Hebers bei C ausströmt, so bleibt die letztere Menge unverändert. Der Überschuß fließt bei A aus, und bei C erhält man eine konstante Flamme. Die Anordnung bewährt sich sehr gut in Räumen, in denen die Luftdichte nicht zu stark variiert und wo keine störenden Luftströmungen auftreten. Das überschüssige Gas läßt man bei A — wegen der wechselnden Zug- und Saugwirkung — zuerst in die Luft austreten und bringt es etwas oberhalb A über einem Drahtnetz zum Brennen. Der kurze Schenkel muß wegen der geringeren Reibung aus weitem Rohr bestehen. Der Verf. hat die beschriebene Einrichtung seit 10 Monaten ununterbrochen im Betrieb, ohne daß ein Handgriff dabei nötig gewesen wäre.

Schk.

2. *Forschungen und Ergebnisse.*

Aus der Elektrooptik. 1. Übertragung von Lichtschwingungen auf das Telephon. Den Namen „Optophon" will E. Fournier d'Albe einem Apparat beilegen, der Licht mittels elektrischer Effekte in Schall umsetzt[1]). Zwei Selenzellen (S, S, Fig. 1)

Fig. 1.

werden mit zwei variablen Graphitwiderständen CC, einer Batterie B und einem Telephon T zu einem Wheatstoneschen Brückennetz vereinigt. Durch den Kontaktgriff K kann auf einem Manganinrheostaten der Telephonstrom auf Null gebracht werden. Durch ein Uhrwerk U wird der Telephonstrom 10 mal in der Sekunde unterbrochen und dadurch im Telephon hörbar gemacht. Fällt Licht auf eine der Selenzellen, so vernimmt man ein Summen im Telephon, dessen Intensität der Lichtstärke entspricht. Die Differentialschaltung der beiden Zellen hat den Vorteil, daß das Instrument auch bei veränderter Totalbeleuchtung ohne neue Rheostateneinstellung für Lichtkontraste empfindlich bleibt. Die Empfindlichkeit des Optophons genügt, um die helleren Lichtkontraste der Gegenstände bei Tagesbeleuchtung dem Ohr vernehmbar zu machen, während bei Nacht Kerzen-, Öl- und Gasflammen auch auf 20 m Entfernung lokalisiert werden können. Blinde werden durch den Apparat befähigt, Dasein und Intensität des Lichtes, Umrisse von Fenstern und Personen durch das Ohr wahrzunehmen.

Wirkte das Licht hier nur indirekt vermöge der lichtelektrischen Empfindlichkeit des Selens, so gelang es O. Grotrian, eine direkte Einwirkung der Strahlen auf die Eisenmembran des Telephons zu beobachten[2]). Er benutzte ein besonders empfindliches Telephon mit Ringmagnet und metallisch glänzender, verzinnter Membran. Die Lichtstrahlen einer Bogenlampe gelangen durch eine Linse auf die Membran; ein Schirm zwischen beiden konnte rasch hin und her bewegt werden. Als Strahlenfilter dienten 1. eine gesättigte Alaunlösung, 2. eine Lösung von schwefelsaurem Kupferoxyd-Ammoniak, 3. ein Uviolglas. Zur Strommessung diente ein Drehspulgalvanometer von Hartmann und Braun. Als Beispiel der Wirkung diene folgende Versuchsreihe. Fielen die Lichtstrahlen ohne Filter auf die Platte, so gab das Galvanometer 103,9 Skalenteile Ausschlag. Nach Einschaltung von 10 cm Alaunlösung waren es nur 20,5, bei Hinzufügung der Uviolplatte 3,3, von 2 cm schwefelsaurem Kupferammoniak

*) Ann. d. Physik **39**, 1609 (1912).

[1]) Phys. Zeitschr. **13**, 942 (1912).

[2]) Ann. d. Physik **39**, 1625 (1912); **40**, 812 (1913).

nur 0,8 Skalenteile. Daraus geht hervor, daß der Hauptteil der Wirkung den ultraroten Strahlen, der zweitstärkste Teil den sichtbaren Strahlen zukommt; aber auch die ultravioletten Strahlen zeigen eine, wenn auch schwache Wirkung. Diese war auch in dem ultravioletten Teile eines durch ein Quarzprisma entworfenen Spektrums zu bemerken. Der Verf. war anfangs im Zweifel, ob die Erscheinung auf eine Änderung der magnetischen Permeabilität der Membran oder auf eine Biegung derselben durch thermische oder radiometrische Wirkung zurückzuführen sei. Weitere Versuche zeigten, daß nur die erste Erklärung in Frage kommt. Wurde nämlich die Einrichtung getroffen, daß die Telephonmembran sowohl von vorn wie von hinten bestrahlt werden konnte, so blieb der Galvanometerausschlag derselbe, während bei einer entgegengesetzten Durchbiegung der Membran — wie auch ein besonderer Versuch zeigte — der Sinn der Ausschläge umgekehrt werden mußte. Die Bestrahlung bewirkt also eine Änderung der Permeabilität der Membran. Da verschiedene Telephontypen entgegengesetzte Ausschläge gaben, so kann jene Änderung sowohl in einer Zunahme als in einer Abnahme der Permeabilität bestehen.

2. Lichtelektrische Photometer. Mit ihren hochempfindlichen Alkalimetallzellen (d. Zeitschr. *XXV*, *381*) haben Elster und Geitel ein überaus brauchbares Photometer konstruiert[3]). Die Zellen wurden in der Weise hergestellt, daß man in eine mit sehr verdünntem Wasserstoff gefüllte Kugel etwas metallisches Kalium oder Natrium auf einer Silberschicht niederschlug. Ein allmählicher Rückgang der Empfindlichkeit dieser Zellen konnte durch Einführung von Argon oder Helium an Stelle des Wasserstoffs beseitigt werden. Durch Einwirkung des Glimmstroms in Wasserstoffatmosphäre kann die Lichtempfindlichkeit so weit erhöht werden, daß selbst im Ultrarot noch ein merkbarer Photoeffekt besteht. Wird als Material der Zelle Uviolglas gewählt, so läßt sich der hindurchgelassene, also am Kalium wirksame Spektralbereich bis 240 $\mu\mu$ ausdehnen. Bei dem Photometer ist die Zelle in eine um eine Achse drehbare, lichtdichte Kapsel eingebaut, und zwar so, daß ein als Anode dienender, ringförmiger Platindraht in der Drehungsachse liegt. Der Lichtzutritt erfolgt durch ein innen geschwärztes Metallrohr und kann durch eine Irisblende reguliert werden. Eine Mattscheibe aus Uviolglas bewirkt, daß die Zelle nur von diffusem Lichte getroffen wird. Vor der Mattscheibe lassen sich runde Glasplatten als Lichtfilter einfügen. Da das Photometer in erster Linie zur Messung des Sonnen und Tageslichtes bestimmt war, so war auch eine Vorrichtung zur Bestimmung der Sonnenhöhe angebracht. Alle Isolationen sind aus Bernstein, der im Innern mit Picein überzogen ist. Als leicht transportable Stromquelle bewährte sich eine Batterie von Trockenelementen, wie sie zu elektrischen Taschenlämpchen verwandt werden. Der negative Pol wird mit der Alkalimetallfläche, der positive mit dem Platinring verbunden. Der zwischen beiden entstehende Photostrom wurde im Laboratorium durch ein Drehspulgalvanometer mit Spiegelablesung, bei Beobachtungen im Freien durch ein von der Gesellschaft „Nadir“ hergestelltes Galvanometer in Dosenform gemessen. Bei Beleuchtungsstärken unterhalb einer Meterkerze wurde ein Spinnwebfaden-Elektrometer benutzt. Als Widerstände waren die Campbellschen Xylolwiderstände sehr geeignet. Bei Beleuchtungsstärken unter $^1/_{1000}$ Meterkerzen werden die Photoströme von der Größenordnung 10^{-14} bis 10^{-15} Amp. Sie wurden dann aus der Zeit t berechnet, die nötig ist, das Elektrometer auf v Volt aufzuladen.

Die lichtelektrischen Zellen von Elster und Geitel haben weiterhin zur Konstruktion

Fig. 2.

eines registrierenden Photometers durch P. P. Koch geführt[4]). Dasselbe sollte hauptsächlich dazu dienen, die Schwärzung photographischer Platten zu messen. Das Prinzip der Anordnung besteht darin, daß die photographische Platte P (Fig. 2) zwischen einer Nernstlampe N und einer lichtelektrischen

[3]) Phys. Zeitschr. **13**, 739 (1912).

[4]) Ann. d. Physik **39**, 705 (1912); **40**, 797 (1913).

Zelle Z_1 unter Zwischenschaltung einer Beleuchtungslinse B und eines Mikroskopobjektivs M nebst Spaltblende Sp mit Hilfe eines Uhrwerks vorbeigezogen wird. Die lichtempfindliche Schicht K der Zelle ist mit dem negativen Pol einer kleinen Akkumulatorenbatterie A verbunden, deren positiver Pol geerdet ist. Die positive Elektrode der Zelle führt zu einem Saitengalvanometer S und von dort über eine zweite lichtelektrische Zelle Z_2, die ebenfalls von N her beleuchtet wird, zur Erde. Je nach der Schwärzung der zwischen N und Z_1 stehenden Stelle der Platte P und damit je nach der Intensität des auf die Zelle auffallenden Lichtes fließt ein elektrischer Strom wechselnder Stärke von A über Z_1 und Z_2 zur Erde. Die durch diesen Strom bewirkte Bewegung der Saite S wird auf photographischem Wege registriert. Dazu wird ein kleines Stück der Saite auf eine photographische Platte abgebildet, die mittels desselben Uhrwerks, das die Platte P vorschiebt, senkrecht zur Bewegungsrichtung der Saite vorbeigezogen wird. Die noch vorhandene Trägheit der ganzen Anordnung ließ sich vermindern durch Anwendung einer dritten, ebenfalls von N beleuchteten Zelle Z_3, deren Kaliumelektrode zur Erde geleitet ist, während die positive Elektrode mit der Kaliumelektrode von Z_2 verbunden wird. Der Verf. hat das Instrument in jeder Richtung eingehend geprüft und alle möglichen Fehlerquellen berücksichtigt. Zum Vergleich wurde die Schwärzungsverteilung einer photographischen Aufnahme mit dem registrierenden Photometer und mit dem auf subjektiver Beobachtung beruhenden Hartmannschen Mikrophotometer vorgenommen. Die Übereinstimmung der auf beide Arten erhaltenen Kurven war gut. Eine mit dem registrierenden Photometer vorgenommene Ausmessung des von Walter und Pohl mit Röntgenstrahlen aufgenommenen Keilspaltphotogramms ergab ebenfalls die gleiche Schwärzungsverteilung wie die frühere Messung des Verfassers (diese Zeitschr. *XXVI*, *46*). *Schk.*

Das Isolationsvermögen von flüssiger Luft. Von P. Zeeman[1]). Der Umstand, daß die Dielektrizitätskonstanten verschiedener flüssiger Gase gemessen werden konnten, beweist, daß dieselben gute Isolatoren sind. Fleming und Dewar bauten sogar eine kleine Leidener Flasche, deren Dielektrikum flüssige Luft war, und deren Belegungen aus Aluminiumplatten bestanden; diese Flasche hielt ihre Ladung vollkommen. Zeeman fand das Isolationsvermögen der flüssigen Luft auch für hohe Spannungen ausgezeichnet. Er brachte zwei Kondensatorplatten in 3 mm Abstand in das Innere eines unversilberten Dewarschen Gefäßes, das mit flüssiger Luft gefüllt wurde. Wurden die Platten mit einer Influenzmaschine geladen, so erhielt man mit Hilfe eines Entladungsdrahtes an den Zuleitungsdrähten glänzende Funken, aus denen mit dem Funkenmikrometer auf Spannungen von 30000 Volt geschätzt werden konnte. Diese Spannungen konnten stundenlang aufrechterhalten werden, wenn die die Zuleitungsdrähte umgebende Luft durch Kalziumchlorid trocken gehalten wurde. Eine Entladung der Platten in der flüssigen Luft wird begünstigt durch kleine Kristalle von Eis und fester Kohlensäure, die man daher durch Filtrieren der flüssigen Luft entfernen muß. Auch Gasbläschen wirken entladend, so daß man die sichtbare Gasbildung möglichst vermindern muß.

Der beste Beweis für das Vorhandensein großer elektrischer Kräfte im Innern der flüssigen Luft bestand aber darin, daß es gelang, den elektrooptischen Kerreffekt in der flüssigen Luft nachzuweisen. Dieser besteht bekanntlich darin, daß isolierende Flüssigkeiten im elektrischen Felde sich wie doppeltbrechende einachsige Kristalle verhalten. Das Licht einer Bogenlampe passierte ein polarisierendes Nicol, einen Kompensator, ging dann zwischen den Kondensatorplatten des Dewarschen Gefäßes hindurch, passierte ein zweites Nicol und wurde schließlich mittels eines Spektroskops zerlegt. Es erscheint dann zwischen gekreuzten Nicols eine schwarze Absorptionsbande des Sauerstoffs. Bei allmählicher Ladung des Kondensators verschob sich diese Bande; bei einer Entladung sprang sie wieder in ihre ursprüngliche Lage zurück. Die Doppelbrechung war längs des ganzen Spektrums deutlich zu sehen. Der Sinn der Doppelbrechung war positiv wie beim Schwefelkohlenstoff. Durch Einschalten eines zusammengepreßten Glasstreifens an Stelle des Kondensators wurde die von beiden erzeugte Streifenverschiebung verglichen; daraus ergab sich, daß die Kerrkonstante der flüssigen Luft (des flüssigen Sauerstoffs) etwa 20 mal kleiner ist als für Schwefelkohlenstoff. Aus diesen Versuchen geht jedenfalls hervor, daß flüssige Luft eine Substanz ist, die nahezu einen idealen Isolator darstellt. *Schk.*

[1]) Phys. Zeitschr. **13**, 529 (1912).

Elektronenemission. Über die in metallhaltigen Flammen vorhandenen positiven und negativen Träger sind im Heidelberger Laboratorium auf Veranlassung von P. Lenard mehrere Untersuchungen angestellt worden[1]). Wird ein Metallsalz in eine nichtleuchtende Flamme eingeführt, so wird ein Teil der Metallatome in Freiheit gesetzt. Die Flamme zeigt dabei ein wesentlich gesteigertes Leitvermögen und gleichzeitig eine den Schwingungen des Metallatoms angehörige Lichtemission. Die Ursache der elektrischen Leitfähigkeit besteht im Auftreten freier Elektronen, die eine Folge des Austritts negativer Elementarquanten aus den Metallatomen ist. Die Metallatome selbst erhalten dadurch positive Ladung und wandern in elektrischen Feldern nach der negativen Elektrode, was nach Lenard aus der Neigung des leuchtenden Dampfstreifens im elektrischen Felde direkt zu erkennen ist. Aus der Größe dieser Neigung im bekannten Felde läßt sich die Wanderungsgeschwindigkeit der Metallatome bestimmen. Da sich die Größe dieser Geschwindigkeiten als sehr gering ergab, so war Lenard der Ansicht, daß die Metallatome in Flammen nicht dauernd positiv geladen, sondern zeitweilig durch Wiederaufnahme von Elektronen neutralisiert sind. Der aus der beobachtbaren Beweglichkeit ableitbare Bruchteil der Zeit, in der ein Metallatom positiv geladen oder neutral ist, gibt ein direktes Maß für das Verhältnis zwischen Abgabe und Wiederaufnahme von Elektronen durch das betreffende Atom und damit einen Anhalt für den Grad der Beschränkung der freien Elektronenzahl in der Flamme und ihres Leitvermögens.

Diese schon früher gemachten Untersuchungen wurden von G. Ebert fortgesetzt. Er fand, daß die Wanderungsgeschwindigkeit der positiven Elektrizitätsträger bei geringer Salzmenge von dieser Menge selbst unabhängig ist; ferner, daß durch Chlorzusatz die Beweglichkeit der positiven Träger verringert und schließlich ganz vernichtet wird. Damit stimmt die bekannte Verringerung der Leitfähigkeit der Flamme durch Chlorzusatz überein (d. Zeitschr. *XXV*, *53*). Weiter fand E. N. da C. Andrade, daß die Beweglichkeit der positiven Träger nur so lange unverändert bleibt, als deren Umgebung keine wesentliche Änderung zeigt[2]). Die geringe Wanderungsgeschwindigkeit ist nur im Gebiet des leuchtenden Metalldampfes vorhanden; für die aus dem Rande des leuchtenden in das nichtleuchtende Gebiet austretenden Träger nimmt sie etwa um das 60 fache zu. Diese würden als Metallatome anzusehen sein, bei denen die Zeitdauer des positiven Zustandes des Atoms wesentlich größer ist als im leuchtenden Teile. Außer den positiven fand Andrade in geringer Menge auch negative Träger, und zwar ebenfalls langsamere in dem leuchtenden, schnellere in dem nichtleuchtenden Teil der Flamme.

Um den Einfluß des Gasdrucks auf die Vorgänge in der Flamme zu untersuchen, wurde die Flamme in einem größeren Zylinder unter Gasdrucken zwischen 0,4 und 4 Atmosphären zum Brennen gebracht. Die Wanderungsgeschwindigkeit der langsamen Träger war dem Druck umgekehrt proportional. Daraus folgt, daß der Bruchteil der Zeit, während der die Metallatome positiv geladen sind, vom Druck unabhängig ist.

Die beschriebenen Beobachtungen werden von Lenard mit der Annahme erklärt, daß der Austritt negativer Elementarquanten immer gerade beim Zusammentreffen zweier neutraler Metallatome in der Flamme (durch eine Art „Nähewirkung") erfolge; ebenso hat die Wiedervereinigung der Elektronen mit den geladenen Metallatomen das Zusammentreffen dieser beiden in der Flamme zur Voraussetzung. Im stationären Zustande ist die aus diesen Annahmen berechenbare Anzahl der Quantenemissionen der Anzahl der in gleicher Zeit stattfindenden Wiedervereinigungen von Elektronen und Metallatomen gleich anzunehmen. Hieraus ergibt sich eine Beziehung für den Bruchteil an Zeit, währenddessen ein Metallatom in der Flamme geladen ist; er ist unabhängig von der Metallmenge und vom Druck und wächst linear mit der Häufigkeit des freien, chemisch nicht gebundenen Zustandes der Metallatome.

Sind glühende feste Körper (Elektroden) in der Flamme, so findet an diesen eine besondere Elektronenemission statt; auch wird die Elektronenemission der Flamme durch sie beeinflußt. Auch diesen Beziehungen glaubt Lenard durch seine Theorie gerecht werden zu können. Die Erscheinungen der Lichtemission in metallhaltigen Flammen ist aber durch die Beobachtungen noch nicht genügend geklärt.

Die Abgabe negativer Elektronen von erhitzten Metallen wurde von Richardson dadurch erklärt, daß die in jedem Metall vorhandenen freien Elektronen

---

[1]) Naturw. Rundsch. **27**, 637 (1912).

[2]) Phil. Mag. **23**, 865, **24**, 15 (1912).

eben dann austreten, wenn ihre von der Temperatur abhängigen Geschwindigkeiten gerade den für das betreffende Mittel charakteristischen Potentialsprung überwinden können. Wilson zeigte, daß man für die Elektronenabgabe des Platins sehr viel niedrigere Werte erhält, wenn man das Platin mit Salpetersäure behandelt, und glaubte, daß in dem Platin absorbierter Wasserstoff maßgebend für den Effekt ist. K. Fredenhagen untersuchte im Vakuum destilliertes Natrium und glaubte hier den Elementareffekt des Natriums erhalten zu können. Neuere Versuche aber zeigten, daß auch die bei *Na* erhaltenen Werte ausschließlich Sekundäreffekten zuzuschreiben sind[3]). Die Alkalimetalle wurden ein- oder zweimal im Vakuum destilliert und dann in das Versuchsrohr befördert, das vorher bei gleichzeitiger Evakuierung erhitzt wurde, um es von den absorbierten Gasen zu befreien. Das Alkalimetall bildete die eine, Nickel oder Platin die andere Elektrode. An die Elektroden wurden Spannungen zwischen 2 und 100 Volt angelegt; der durch die Elektronenemission des erhitzten Metalles erzeugte Strom wurde mit einem Galvanometer gemessen. Es war ein starker Einfluß eines Gases nachweisbar. So zeigte z. B. Natrium bei 380° C, 2 Volt Spannung und 0,000 06 mm Druck eine Stromstärke 3; bei Zuleiten von Wasserstoff von 0,2 mm Druck stieg der Strom auf 40; bei 100 Volt stieg er entsprechend von 22 auf 176. Ähnlich wirkte Stickstoff, besonders stark aber Luft; in Luft von 0,2 mm Druck war der Strom bei 2 Volt 2500, bei 100 Volt 70 000. Dieser Einfluß der Luft führt zu der Vermutung, daß überhaupt der Sauerstoff die Wirkung hervorruft und die Wirkungen von H und N auf geringe Beimengungen von O zurückzuführen sind. Mit Kalium erhielt der Verf. ähnliche Ergebnisse. Er ist der Meinung, daß die Elektronenemission auf der chemischen Reaktion zwischen Alkalimetall und Sauerstoff beruht, also auf der zuerst von Haber beobachteten Wirkung (d. Zeitschr. *XXV. 54*).

Eine Erweiterung der Haberschen Arbeiten unternahmen L. Weissmann und C. Grieb, indem sie untersuchten, ob bei chemischen Reaktionen auch positiv geladene Teilchen ausgesandt werden können[4]). Ein auf 800° erwärmtes Metall besitzt die Eigenschaft, eine ihm erteilte positive Ladung zu zerstreuen. Es wurde nun untersucht, ob diese Zerstreuung sich ändert, wenn das Metall bei einer chemischen Reaktion als Katalysator dient. Weissmann benutzte einen Platindraht, der bei 850° als Katalysator bei der Vereinigung von Wasserstoff und Sauerstoff wirkt. Es zeigte sich tatsächlich, daß hierbei die Abgabe positiver Teilchen durch den Platindraht gesteigert wird. Der positive Effekt nahm aber langsam ab, während der Fortgang der Katalyse derselbe blieb. Ein Draht, der in Luft abgeklungen war, zeigte in Wasserstoff den Effekt von neuem; war er in Wasserstoff abgeklungen, so zeigte sich der Effekt wieder in Luft usw. Allmählich nahm dann aber die Fähigkeit des Drahtes, positive Ladungen abzugeben, ab, und er wurde spröde und brüchig. Ersetzte man Wasserstoff oder Sauerstoff durch Stickstoff, so war die Erscheinung ganz anders, so daß die katalytische Wirkung des Drahtes jedenfalls mit der Abgabe positiver Ladung in Verbindung steht. Die Abgabe negativer Elektrizität ist bei wasserstoffarmen Gemischen sehr gering; bei wasserstoffreichen Gemischen werden positive und negative Träger in gleicher Menge abgegeben. Grieb zeigte, daß der bei der Knallgaskatalyse entstehende Wasserdampf für die beschriebene Erscheinung keine Bedeutung hat. Die Erscheinung bleibt auch aus, wenn der Wasserstoff durch ein anderes reduzierendes Gas, z. B. Kohlenoxyd, ersetzt wird. *Schk.*

Nachweis der elektrostatisch-ponderomotorischen Wirkung der Induktion durch K. Henrich, mitgeteilt von F. Richarz[1]). Während nach den alten Theorien der Elektrizität für jede Art der elektrischen und magnetischen Erscheinungen eine besondere fernwirkende Kraft als Ursache angenommen werden mußte, sind nach der Maxwellschen Theorie alle elektrischen und alle magnetischen Erscheinungen an einer Stelle des Raumes gegeben durch den an dieser Stelle herrschenden Zustand des Äthers. Dieser Zustand wird charakterisiert durch die magnetische und die elektrische Feldstärke, aus denen dann alle Äußerungen der elektrischen und der magnetischen Kraft abgeleitet werden können. Das ist Maxwells Prinzip der Einheit aller elektrischen und magnetischen Erscheinungen. Aus dem Prinzip hat sich

[3]) Verh. d. Deutschen Phys. Ges. **14**, 384 (1912).

[4]) Zeitschr. f. physikal. Chemie **79**, 257, 377; Naturwiss. Rundsch. **27**, 397 (1912).

[1]) Die Naturwissenschaften **1**, 4 (1913).

nicht nur der Zusammenhang verschiedener bekannter magnetischer und elektrischer Erscheinungen herleiten lassen, sondern es ergibt sich in Fällen, in denen von den verschiedenen Äußerungen der elektrischen oder magnetischen Kraft nur die eine bekannt ist, die andere als notwendige Folgerung, die dann nur des experimentellen Nachweises bedarf. Eine solche Folgerung ist, daß in einem veränderlichen magnetischen Felde (in der Umgebung eines „magnetischen Stroms") nicht nur Induktionswirkungen in geschlossenen Leitern, sondern auch elektrostatisch-ponderomotorische Wirkungen auf elektrisch geladene Körper bestehen müssen. Richarz hatte einen hierauf bezüglichen Versuch bereits 1899 in Greifswald durch F. E. Wolf anstellen lassen, bei dem die Wirkung des magnetischen Stroms eines starken Elektromagneten auf einen leicht beweglichen geladenen Kondensator untersucht wurde. Der Versuch mißlang, weil das Hineinbringen des Kondensators in das elektrische Feld den Verlauf der elektrischen Kraftlinien so verändert, daß sie alle senkrecht auf den Metalloberflächen stehen und kein Drehungsmoment auf den Kondensator ausüben können. Wenn man dagegen ein ungeladenes metallisches Stäbchen in ein elektrisches Feld so bringt, daß es unter 45° gegen die Richtung der Kraftlinien geneigt ist (s. Figur), so werden durch Influenz an seinen Endungen Ladungen entstehen, die es in die Richtung der Kraftlinien hineinzudrehen streben. Das elektrische Feld kann nur durch einen magnetischen Wechselstrom hervorgerufen werden; mit dem Wechsel ändert sich dann freilich die Feldrichtung, zugleich aber auch das Vorzeichen der Influenzladungen, so daß das Stäbchen fortgesetzt nach derselben Richtung gedreht werden muß. Die von Henrich benutzte Anordnung war sehr ähnlich einer Tangentenbussole. Ein aus feinstem Transformatorblech zusammengesetzter Eisenring von 120 mm äußerem und 80 mm innerem Durchmesser wurde so mit Draht umwickelt, daß die durch diesen strömende Elektrizität keine elektrostatische Wirkung ausüben konnte. In diesem Ringe wurde vermittelst eines rotierenden Umformers ein magnetischer Wechselstrom erzeugt. In der Mitte des Ringes hing an einem Quarzfaden eine kleine Nadel aus Glas (6 mm lang, 3 mm dick); Metallnadeln hatten sich wegen elektrostatischer Influenzwirkungen nicht bewährt. Das Ganze war mit einer Glasglocke umgeben, die evakuiert wurde. Bei Erregung eines hinreichend kräftigen magnetischen Wechselstroms stellte sich die ursprünglich unter 45° gestellte Nadel vollständig in die Richtung der elektrischen Kraftlinien, d. h. in die Ringachse ein. Für quantitative Versuche wurden stärkere Quarzfäden genommen, so daß die Größe des Ausschlags gemessen werden konnte. Mit Berücksichtigung der Torsion der Quarzfäden konnte man die Größe des Ausschlags aus der Maxwellschen Theorie berechnen; die Übereinstimmung mit der Beobachtung war genügend. *Schk.*

Über die Theorien der Dielektrika. Von Tcheslas Bialobjeski. (*Le Radium, Bd. IX, 1912, S. 250—259.*) Der Verfasser gibt eine anschauliche Übersicht über die besonderen Vorgänge, die beim Durchgange der Elektrizität durch feste Nichtleiter beobachtet worden sind, und über die verschiedenen Versuche einer theoretischen Behandlung dieser Verhältnisse. Während die gasförmigen und flüssigen Nichtleiter ein in vieler Beziehung analoges Verhalten zeigen, tritt bei den festen Nichtleitern eine Reihe von Eigentümlichkeiten auf, die offenbar mit der besonderen Struktur fester Körper in Beziehung stehen und die man unter dem Namen dielektrische Anomalien zusammenfaßt. Dielektrizitätskonstante und Leitvermögen, die nach der klassischen Theorie ein Dielektrikum charakterisieren, reichen zur Erklärung dieser Erscheinungen nicht mehr aus.

Schließt man den einen Beleg eines Kondensators mit festem Dielektrikum an den einen Pol einer Batterie an, deren anderer Pol an Erde liegt, so zeigt ein mit dem zweiten Kondensatorbeleg verbundenes Elektrometer sofort eine induzierte Ladung an. Im gleichen Augenblick beginnt aber ein Strom durch das Dielektrikum zu fließen, der zunächst sehr schnell, dann immer langsamer abnimmt und schließlich entweder zu Null wird oder einen konstanten Grenzwert erreicht. Nimmt man nach längerer Zeit die Batteriespannung vom Kondensator ab und schließt diesen kurz, so tritt zunächst ein momentaner Elektrizitätsausgleich ein, daran schließt sich aber ein bedeutend schwächerer Strom im Schließungsdraht, dessen Richtung der des langsamen Ladungsstromes entgegengesetzt ist und der allmählich zu Null wird. Das Dielektrikum hat demnach während der

Dauer des langsamen Ladestromes (wir wollen ihn den „direkten Strom“ nennen) eine gewisse Elektrizitätsmenge absorbiert, die nun im „Rückstrom“ wieder frei wird. Im engen Zusammenhange hiermit steht die Erscheinung der dielektrischen Rückstandsbildung. Wenn man nämlich den Kondensator nach erfolgter Aufladung sich selbst überläßt, so bemerkt man eine allmähliche Verringerung der Potentialdifferenz seiner Belege, gleichsam, als ob eine Kapazitätszunahme stattfände. Schließt man ihn darauf für einen Moment kurz, so zeigen die wieder isolierten Belege nach kurzer Zeit wieder eine Ladung. Zwischen den sich momentan abspielenden Erscheinungen der Ladung und Entladung und den sich daran anschließenden langsam verlaufenden Vorgängen bestehen prinzipielle Unterschiede; die beiden Klassen von Erscheinungen sind daher verschiedenen Ursachen zuzuschreiben. Die Erscheinungen der ersten Art sind abhängig von der Dielektrizitätskonstante, bei deren Bestimmung man demnach kurze Ladungs- und Entladungszeiten anzuwenden hat. Der Verlauf der Vorgänge zweiter Art wird beherrscht durch das experimentell gefundene Superpositionsprinzip von Hopkinson und J. Curie. Dieses besagt, daß jede Änderung des elektrischen Feldes auf den Strom einen Einfluß ausübt, der unabhängig ist von dem bereits vorhandenen Felde.

In der Figur stelle $i = f(t)$ den zeitlichen Verlauf des direkten Stromes dar, die erzeugende elektromotorische Kraft sei vom Momente $t = 0$ an wirksam. Fügt man im Moment t zu der bereits vorhandenen eine neue elektromotorische Kraft hinzu, die, wenn sie für sich bestände, einen Stromverlauf II, hervorrufen würde, so ist der resultierende Strom III die Superposition von I und II. Auch für den Rückstrom gilt das gleiche Superpositionsprinzip. Kurzschließen des Kondensators zu einer bestimmten Zeit ist gleichbedeutend mit dem Hinzufügen eines dem vorangehenden gleichen und entgegengesetzten Feldes. Falls der direkte Strom schließlich zu Null geworden ist, so ist der beim Kurzschließen entstehende Rückstrom ihm in korrespondierenden Zeitmomenten gleich, die beiden Kurven sind identisch. Wenn der direkte Strom dagegen einen konstanten Endwert erreichte, so muß man diesen in Abzug bringen, um aus dem Verlauf des direkten Stromes den des Rückstroms zu erhalten. Wenn man mit $i_1 = f(t)$ den direkten Strom, vermindert um seinen eventuellen konstanten Endwert, bezeichnet, so ist der Rückstrom $i_2 = -f(t) + f(t + \Theta)$, wo Θ die seit dem Augenblick der Entladung verflossene Zeit bezeichnet. Die experimentelle Prüfung hat für die Form der Funktion $f(t)$ annähernd eine logarithmische Beziehung ergeben, so daß $\log i = \log c - n \log t$ ist, wobei c und n Konstanten sind. Daß diese Formel nur angenähert gelten kann, zeigt eine einfache Überlegung, denn bei strenger Gültigkeit würde für $t = 0$ sich der unmögliche Wert $i = \infty$ ergeben.

Setzt man einen Kondensator mit festem Dielektrikum einer Wechselspannung aus, so zeigt sich eine weitere Anomalie in der dann eintretenden Erwärmung des Dielektrikums. Die dabei erzeugte Wärmemenge ist, wie Versuche gezeigt haben, proportional dem Quadrat der effektiven Feldstärke und steigt mit wachsender Frequenz. Auch diese Gesetzmäßigkeit folgt aus dem Verhalten der anomalen Ströme, denn die Joulesche Wärme ist einerseits proportional dem Quadrat der angelegten Spannung, andererseits ist, wie wir sahen, die Leitfähigkeit des Dielektrikums im Moment der Aufladung sehr groß, um dann rapide abzufallen; je schneller also die Feldwechsel aufeinander folgen, desto häufiger werden auch die hohen Werte der Leitfähigkeit auftreten.

Die verschiedenen Versuche einer theoretischen Erklärung der angeführten Erscheinungen lassen sich in 2 Gruppen teilen; die erste Gruppe führt die Anomalien auf Besonderheiten des Influenzvermögens zurück, die zweite Gruppe schreibt sie der Leitfähigkeit der Dielektrika zu. Nach den Theorien der 1. Gruppe zeigt das Influenzvermögen fester Dielektrika hysteresisartige Eigenschaften, indem die dielektrische Polarisation nicht nur von dem augenblicklichen Werte der elektromotorischen Kraft, sondern auch vom vorhergehenden Zustand abhängig ist. Eine einfache Übertragung der magnetischen Theorie der Hysterese auf dielektrische Erscheinungen ist jedoch aus dem Grunde unmöglich, weil die Arbeit der zyklischen Elektrisierung stark abhängig von der Periode

ist, was bei der zyklischen Magnetisierung nur in sehr geringem Maße der Fall ist. Ebensowenig ist das Auftreten der anomalen Ströme durch einfache Hysteresiserscheinungen zu erklären. Die Schwierigkeiten werden in der Theorie von Bouty und Pellat vermieden durch die Annahme, daß die Polarisation nicht sogleich beim Anlegen des Feldes ihren Endwert erreicht, sondern sich ihm asymptotisch nähert. Für Wechselstrom ergibt sich demnach stets ein Zurückbleiben der Polarisation hinter dem Felde. Diese nimmt augenblicklich den Wert $D = \frac{1}{4\pi} K \cdot X$ an, wo K die Dielektrizitätskonstante ist, dann beginnt sie zu wachsen nach dem Exponentialgesetz:

$$D_t = \frac{1}{4\pi} [K \cdot X + (1 - e^{-\alpha t}) \varepsilon K X],$$

wo α und ε Konstanten sind, es folgt daraus für $t = \infty : D_\infty = \frac{1}{4\pi} (1 + \varepsilon) K X$, und unter Berücksichtigung dieser Beziehung folgt für die Änderung der Polarisation $\frac{dD_t}{dt} = \alpha (D_\infty - D_t)$, d. h. die Änderung der Polarisation und damit der anomale Strom ist proportional der Differenz zwischen dem Endwerte und dem Momentanwerte der Polarisation.

Wie eine weitere Rechnung ergibt, steht diese Theorie zwar in Übereinstimmung mit dem Curieschen Superpositionsprinzip, doch ergibt sich für den zeitlichen Verlauf der anomalen Ströme ein Exponentialgesetz an Stelle des experimentell gefundenen logarithmischen Gesetzes. E. v. Schweidler hat die Theorie dadurch erweitert, daß er an Stelle der einen Exponentialfunktion eine Summe solcher Funktionen treten läßt. Ihren physikalischen Sinn erhält diese Erweiterung durch die Annahme, daß außer sehr schnell und ohne merklichen Bewegungswiderstand schwingenden Elektronen, die den Feldänderungen augenblicklich folgen, eine Reihe anderer Arten vorhanden sind, deren Bewegungen mehr oder weniger gehindert sind, die ihre endgültige Lage daher asymptotisch nach einem Exponentialgesetz annehmen; einer jeden solchen Gruppe entspricht dann eine bestimmte Exponentialfunktion. Durch passende Auswahl der Konstanten kann man dann natürlich eine Anpassung an die Versuchsergebnisse erhalten.

Gegen alle diese Theorien, welche die dielektrischen Anomalien zurückführen auf Besonderheiten des Influenzvermögens, läßt sich einwenden, daß diese Größe von äußeren Einflüssen, wie beispielsweise der Temperatur, nur in geringem Maße abhängig ist im Gegensatz zu den Anomalien selbst. Dagegen hat die 2. Gruppe den Vorteil, daß sie den prinzipiellen Unterschied zwischen den homogenen und von dielektrischen Anomalien freien flüssigen und gasförmigen Körpern und den stets mehr oder wenig kristallinisch zusammengesetzten festen Körpern zu ihrem Ausgangspunkte macht.

Hierher gehört zunächst die Maxwellsche Theorie, die annimmt, das feste Dielektrikum setze sich aus einer Anzahl dünner Lamellen mit wechselnder Leitfähigkeit zusammen. Diese Theorie steht im Einklang mit dem Superpositionsgesetz, besagt aber nichts über die Stärke und den Verlauf der anomalen Ströme. Heß setzt an Stelle der lamellaren Struktur eine körnige. Nach ihm besteht das Dielektikum aus einer vollkommen isolierenden Masse mit eingebetteten leitenden Körnern.

Eine ungleichförmige schichtenweise Verteilung der Leitfähigkeit im Dielektrikum würde sich schon ohne weiteres ergeben, wenn man annimmt, daß der Strom ähnlich wie bei gasförmigen Körpern in einem Ionentransport besteht, wodurch eine ungleichmäßige Ionenverteilung herbeigeführt würde. Jedoch genügt, wie Schweidler gezeigt hat, diese Annahme allein nicht zur Erklärung der Anomalien. Der Verfasser verbindet nun diese Vorstellung einer durch Ionenbewegung verursachten Leitfähigkeit des Dielektrikums mit der Heßschen Annahme eingebetteter kleiner leitender Partikel. Ferner macht er auf den Umstand aufmerksam, daß die Grenzschichten zwischen metallischem Leiter und Dielektrikum dem Elektrizitätsübergange einen ganz besonders großen Widerstand entgegensetzen; eine Erscheinung, die ja auch beim Elektrophor zu konstatieren ist. Solche Schichten mit abnorm kleiner Leitfähigkeit würden sich also einmal an den Belegen des Kondensators finden, sodann ringsherum um jedes leitende Partikelchen. So entstehen verschiedene Schichten, in denen der Stromtransport teils durch Verschiebungsströme, teils durch Leitungsströme infolge von Ionenbewegung zustande kommt. Die analytische Behandlung, der ein besonders einfaches Schema eines nach diesen Vorstellungen aufgebauten Dielektrikums zugrunde gelegt wird, führt zu einem Ausdruck, welcher der v. Schweidlerschen Beziehung ähnlich ist.

Der Ausdruck gibt die tatsächlichen Verhältnisse angenähert wieder. Bessere Annäherung läßt sich erreichen, wenn man berücksichtigt, daß das Dielektrikum in Wirklichkeit komplizierter aufgebaut ist, als das vereinfachte Schema voraussetzt. Möglicherweise läßt die Theorie auch eine Erklärung der Erscheinungen zu, wie sie sich in ionisierten festen Dielektrika abspielen. Die durch Ionisierung hervorgerufene Zunahme der Leitfähigkeit und die Wiederherstellung der ursprünglichen nach Entfernung des Ionisators vollzieht sich bei festen Dielektrika in ähnlicher Weise wie bei den gasförmigen, nur finden hier die Vorgänge bedeutend langsamer statt. Der anomale Leitungsstrom behält auch hier seine charakteristischen Eigenschaften bei, doch ist in diesem Falle die von ihm transportierte Elektrizitätsmenge bedeutend größer. *P. Gehne.*

Die Einatomigkeit der Alkalimetalldämpfe. Da für verschiedene Metalle, wie *Hg*, *Cd*, *Zn*, *Ag*, *Pb*, *Tl*, aus Dampfdichtebestimmungen nachgewiesen ist, daß sie einatomige Molekeln besitzen, hat bereits 1907 F. Richarz die Vermutung ausgesprochen, daß allgemein Metalldämpfe aus einatomigen Molekeln bestehen. Auf seine Veranlassung sind im Marburger Laboratorium einige Arbeiten entstanden, die jene Frage speziell für Alkalimetalldämpfe zur Entscheidung bringen sollten[1]). Es wurde dazu das Verhältnis $\varkappa$ der spezifischen Wärmen aus der Schallgeschwindigkeit bestimmt. Die erste Bestimmung für Kaliumdampf führte W. Wenz aus. In einem elektrischen Ofen befand sich ein etwa 70 cm langes Stahlrohr von 28 mm innerer Weite und in diesem ein verschiebbarer Stahlstempel. Das Rohr war am vorderen Ende durch eine Glimmermembran geschlossen, die durch eine regulierbare Stimmpfeife in Resonanzschwingungen versetzt werden konnte. Die Resonanzstellungen des Stempels traten auf nach jedesmaliger Verschiebung des Stempels um eine halbe Wellenlänge des Tones in dem das Versuchsrohr erfüllenden Gase. Vor Einführung des zu verdampfenden Alkalimetalles wurde das Versuchsrohr mit einem indifferenten Gase (Stickstoff) gefüllt. Da der von Wenz für Kalium erhaltene Wert von $\varkappa$ (1,77) zu groß erschien, wiederholte M. Robitzsch die Versuche. Er setzte vor die Membran noch ein auf den jeweiligen Pfeifenton einstellbares Resonanzrohr und erhielt so sehr genaue Einstellungen. Die Temperaturbestimmungen im Versuchsrohr wurden durch Wellenlängemessungen in Luft ausgeführt. Es ergab sich, daß $\varkappa$ für Kaliumdampf 1,64, für Natriumdampf 1,68 war. Da der theoretische Wert von $\varkappa$ für einatomige Gase 1,67 beträgt, so ist damit die Einatomigkeit von Kalium und Natriumdampf erwiesen. W. Perron untersuchte in ähnlicher Weise Kadmiumdampf und fand $\varkappa = 1{,}669$. Die Einatomigkeit der Dämpfe bleibt bis nur ganz wenig oberhalb des Siedepunktes der untersuchten Metalle bestehen; es findet also für diese Dämpfe bei Abkühlung bis in die Nähe der Kondensation nicht etwa eine Polymerisation der Dämpfe statt, wie sie bei Arsen, Selen, Tellur, Wismut, Antimon eintritt. *Schk.*

[1]) Ann. d. Physik 38, 1027; Naturw. Rundsch. 27, 624 (1912).

Das Leuchten von Phosphor. — Bemerkenswerte Nebenumstände bei der bekannten Lichtentwicklung dieses Nichtmetalls sind die Ionisation der angrenzenden Luftschichten, die Bildung von Ozon und Nebelmassen, eine bisweilen auftretende Intermittenz des Leuchtens, sowie das Aufhören der Lichtentwicklung bei größerem Partialdrucke des Sauerstoffs. Ewan fand (*Chem. News 70, 90*), daß bei fehlender Feuchtigkeit der Phosphor mit Sauerstoff erst bei 200 mm Druck reagiert, mit feuchtem Sauerstoff schon unterhalb 700 mm. Wenn die Erscheinung auch stets auf Oxydation beruht, so ist sie doch nicht auf den festen Phosphor selbst beschränkt. Schon Müller-Eybach zeigte (*Pogg. Ann. 141, 95*), daß Phosphor an sauerstoffreien Wasserstoff sowie an reinen Sauerstoff beim Darüberleiten, während es selbst dunkel bleibt, Anteile abgibt, die sauerstoffhaltiges Wasser beim Hindurchleiten leuchtend machen.

Nach L. und E. Bloch entsteht zunächst das Anhydrid der phosphorigen Säure, das sich dann lebhaft weiter oxydiert, und Phosphoreszenz und Ionenbildung hervorruft. Wirkungsvolle Versuche beschreibt Hans Schmidt (*Phys. Zeitschr. 1913, 120*), die leicht mit einfachen Mitteln zu wiederholen sind. Durch Schütteln von Phosphor mit heißem Wasser und späteres Erkalten bereitet man eine Art Emulsion, die an hindurchströmende Gase reichliche Mengen von Phosphordampf abgibt. Ebenso wirkt eine gesättigte Lösung von Phosphor in Mandelöl. An der Luft bilden diese Flüssigkeiten Nebel unter intensivem Leuchten. Keine Einwirkung rufen zunächst sauerstoffreie Gase (Wasserstoff, Kohlensäure, Stickoxydul) hervor, ebenso-

wenig reiner Sauerstoff. Da sie sich aber beim Durchperlen der Lösungen mit Phosphordampf sättigen, so leuchten sie beim Ausströmen in die Luft stark auf. Im Dunkeln sieht man eine Art Flamme von mehreren Zentimetern Länge, die selbst bei elektrischem Glühlicht zu erkennen bleibt.

Beim Durchleiten von Leuchtgas findet kein Leuchten und keine Nebelbildung statt. Dies ist als eine Hemmung der Oxydation anzusehen, wie sie auch für Dämpfe von Äther, Schwefelkohlenstoff, Terpentinöl u. a. bekannt ist, von denen selbst Spuren das Leuchten des Phosphors aufheben. Die Ionisation der Luft ist dort stark, wo die durch die Phosphorlösungen geleiteten Gase ausströmen. Die Blättchen eines in der Nähe stehenden geladenen Elektroskops fallen bald zusammen. *Rebenstorff.*

3. Geschichte und Erkenntnislehre.

August Toepler. In einem Nachruf vor der Kgl. sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften am 14. November 1912 gab W. Hallwachs ein Lebensbild des am 6. März 1912 verstorbenen Forschers. Toepler war am 7. September 1836 als Sohn des ersten Lehrers am kathol. Schullehrerseminar zu Brühl bei Köln geboren. Wie der Vater besaß auch der Sohn große musikalische Begabung, so daß der Vater ihn zum Pianisten ausbilden ließ. Daneben aber zeigte sich ein lebendiges Interesse für Naturwissenschaft; dies führte ihn zu dem als Experimentator hervorragenden Physiker Caspar Garthe, dem er 1852 bei Wiederholung des Foucaultschen Pendelversuchs im Dom zu Köln behilflich war. Dem Entschluß, sich ganz den Naturwissenschaften zu widmen, setzte der Vater Widerstand entgegen, da der Sohn als Musiker sichere Aussicht auf baldige Anstellung am Konservatorium zu Köln gehabt hätte. Dennoch gelang es August Toepler, seinen Wunsch durchzusetzen. Nachdem er die Kgl. Provinzialgewerbeschule zu Köln 1855 mit Auszeichnung absolviert hatte, studierte er am Kgl. Gewerbeinstitut in Berlin 1855 bis 1858 hauptsächlich praktische Chemie und erwarb dort 1858 das Diplom. Im Jahr darauf fand er Anstellung als Chemiker an der Kgl. landwirtschaftlichen Akademie Poppelsdorf und vertrat dort 1862—1864 die Professur für Physik, Technologie und Chemie. In diese Zeit fallen seine ersten wissenschaftlichen Arbeiten, u. a. über phosphorhaltige Fette in Kulturgewächsen. Doch wandte er sich bald mehr der physikalischen Forschung zu und promovierte 1860 in Jena mit einer Dissertation „Über einen Vorschlag zu einer neuen Methode, durch einen einzigen Leitungsdraht gleichzeitig mehrere Depeschen zu befördern".

Unter den Erfindungen Toeplers sind drei an erster Stelle zu nennen: seine Quecksilberluftpumpe, seine Schlierenmethode und seine Influenzmaschine. Die Untersuchungen von Plücker und Geißler in Bonn über Elektrizitätsdurchgang durch verdünnte Gase hatten die Erzielung größtmöglicher Verdünnungen zu einer wichtigen Aufgabe gemacht. Bei der Geißlerschen Pumpe wurden Verschlüsse und Hähne durch Quecksilber dicht gehalten; Toepler fügte die wichtige Verbesserung hinzu, alle Verschlüsse, Hähne u. dgl. durch sinnreich als Ventile angefügte Barometer zu ersetzen. Das Verfahren war so neu und zugleich verblüffend einfach, daß Poggendorff die Arbeit nicht in die Annalen aufnehmen wollte; sie erschien 1862 in Dinglers polytechnischem Journal unter dem Titel „Einfache Barometerluftpumpe ohne Hähne, Ventile und schädlichen Raum". Die Pumpe ermöglicht in der üblichen Ausführungsform, Räume von 1 Liter Inhalt in 2 Stunden auf 2 bis $3 \cdot 10^{-8}$ Atm. auszupumpen; sie ist seit fünf Jahrzehnten in allen physikalischen Instituten der Welt in Gebrauch gewesen; auch die elektrischen Glühlampen wurden früher allgemein mit solchen Pumpen luftleer gemacht. Erst seit noch nicht zehn Jahren sind an deren Stelle die rascher wirkenden rotierenden Quecksilberpumpen nach Gaede, verbunden mit der Anwendung der Gasabsorption durch stark gekühlte, vorher ausgeglühte Kohle, getreten, und erst die neuesten Gaede-Pumpen (diese Zeitschr. *XXVI, Heft 2*) gestatten endgültig, auf den mit technischen Mißständen verknüpften Gebrauch des teuren Quecksilbers zu verzichten. Auch diese modernen Hilfsmittel überschreiten aber nicht wesentlich das mit der Toepler-Pumpe erreichbare Vakuum.

Auch die Schrift über die Schlierenmethode fand keine Aufnahme in der periodischen Fachliteratur; der Verfasser mußte sie 1864 auf eigene Kosten als selbständige Schrift drucken lassen; sie ist dann in Ostwalds Klassikern neu abgedruckt worden (vgl. diese Zeitschr. *XX. 407. 1907*). Toepler ist der erste gewesen, der den Schall ge-

sehen hat. Die Methode gestattete, die allergeringsten optischen Dichtigkeitsunterschiede zu messen; so reicht die kleine, nur ein Milliontel betragende Differenz der Lichtgeschwindigkeiten in zwei um 0,6° verschieden temperierten Gasschichten aus, um deren Grenze im Schlierenapparat sichtbar zu machen.

Die Influenzmaschine endlich verdankt dem Umstande ihre Entstehung, daß Toepler für die Ladung der Leidener Flaschen zur Erzeugung der Funkenschallwellen auf die unergiebige Reibungselektrisiermaschine oder den damals noch sehr unbequem zu handhabenden Ruhmkorffschen Induktionsapparat angewiesen war. Er hatte zwar 1864 einen Ruf als Professor der Chemie und Chemischen Technologie an das Baltische Polytechnikum in Riga angenommen, widmete aber seine Mußezeit auch hier völlig der Physik. Im Sommer 1865 gelang ihm die Erfindung der neuen Influenzmaschine, von ihm damals noch Influenzelektromotor genannt; ihre Beschreibung erschien im August 1865 in Poggendorffs Annalen. Zwei Monate später erschien die erste Arbeit von W. Holtz über Influenzmaschinen. Die Unabhängigkeit beider voneinander geht schon daraus hervor, daß die äußere Form der Maschinen so verschieden war, daß sie kaum auf demselben Prinzip zu beruhen schienen. Bei beiden war die kontinuierliche Stromabnahme durch Trennung des auf Spannung abzielenden Multiplikationsprozesses von dem zur Stromerzeugung verwendeten ermöglicht: bei Toepler in zwei getrennten Maschinen auf gleicher Rotationsachse, bei Holtz eng vereint auf einer einzigen rotierenden Scheibe. Die Lösung von Holtz war jedenfalls „die räumlich weitaus vollkommenere“, dafür besaß die von Toepler den großen Vorzug der Selbsterregung. Auch weiterhin haben beide Erfinder recht verschiedene Entwicklungswege eingeschlagen; von Holtz hat vor allem seine „Maschine zweiter Art“ mit zwei entgegengesetzt laufenden Scheiben, namentlich in der Whimshurstschen Form (Kombination mit Toeplers Selbsterregung), allerweiteste Verbreitung gefunden. Toepler dagegen gelangte zu der größte Stromergiebigkeit gewährenden vielplattigen Maschine, die unter dem Namen der Maschine von Toepler-Voß ebenfalls weite Verbreitung gefunden hat. Die bedeutsamste Anerkennung ist beiden Erfindern durch Werner Siemens zuteil geworden, der im 1. Bande der Elektrotechn. Zeitschrift anläßlich des dynamoelektrischen Prinzips und der Dynamomaschinen den folgenden Ausspruch tat: „Das Prinzip, auf welchem diese Maschinen beruhen, ist dasselbe, auf welches die Elektrisiermaschinen von Toepler und Holtz begründet sind, das der Verstärkung der Ursache der Erzeugung elektrischer Spannung durch die Wirkung derselben.“

In Riga beschäftigte sich Toepler ferner mit der Anwendung seiner Schlierenmethode auf das Studium zahlreicher periodischer Vorgänge, besonders auch der singenden Flammen. Gelegentlich der Verwendung der Funken als Licht- und Schallquelle für Schlierenbeobachtungen wurde von ihm das Phänomen der sog. Funkenverzögerung entdeckt.

Im Herbst 1868 folgte Toepler einem Ruf als Ordinarius für Physik an die Universität Graz. Hier wurde in den folgenden Jahren bis 1875 unter seiner Leitung das erste moderne physikalische Institut geschaffen, das für die später in Deutschland gegründeten lange Zeit das Vorbild lieferte. Auch hier entfaltete Toepler im Zusammenwirken mit Boltzmann eine fruchtbare und erstaunlich vielseitige wissenschaftliche Tätigkeit. Die Arbeiten mit dem Schlierenapparat führten ihn zu optischen Arbeiten über den Lichtstrahlengang durch zentrierte Kugelflächen; er fand u. a. den Satz, daß die Tiefenvergrößerung proportional dem Quadrat der Lateralvergrößerung ist. Die Beschäftigung mit den Schallwellen führte ihn zur Frage nach dem energetischen Minimum des hörbaren Schalles, deren Beantwortung ihm 1870 zusammen mit Boltzmann gelang. Es wurde die stroboskopisch verlangsamte rhythmische Verschiebung von Interferenzstreifen zweier kohärenter Lichtstrahlen gemessen, von denen der eine durch das Knotengebiet einer tönenden Pfeife, der andere daran vorbeigegangen war. Hieraus wurde erschlossen, daß die Schwingungsweite an der Grenze der Hörbarkeit etwa $^1/_{10}$ der Wellenlänge des grünen Lichtes beträgt, und daß schon $^1/_{100}$ Erg in der Stunde genügt, um einen anhaltend hörbaren Ton zu geben. Diese akustischen Untersuchungen führten Toepler ferner auf theoretischem Gebiet zur Erweiterung unserer Kenntnisse von den Fourierschen Reihen.

In Graz erfand er auch die Luftdämpfung, die seitdem als Bestandteil der verschiedenartigsten Instrumente die weiteste Verbreitung gefunden hat. Auch führte er dort mit Ettingshausen die Bestimmung der magnetischen Suszeptibilität des Wismuts mit einer auch heut noch wenig übertroffenen Genauigkeit durch.

Umstände verschiedener Art veranlaßten ihn 1876, einen Ruf an die Technische Hochschule in Dresden anzunehmen. Auch dort entstand noch eine Reihe wissenschaftlicher Arbeiten. Die Benutzbarkeit von Stimmgabeln als magnetelektrischer Induktionsapparate und telephonischer Anrufer wurde 1876—77 untersucht, das Bunsensche Photometer 1879 verbessert. Von theoretischen Arbeiten entstand 1875 eine über den Zusammenhang der elektrischen Strömung in gekrümmten leitenden Platten mit dem Problem der konformen Abbildung, 1883 eine über die Wirkung von zwei gleichen kreuzweis verbundenen Magnetstäben. Im Jahre 1883 erfand er seine magnetische Wage, bei der das Drehmoment der Horizontalkomponente des Erdmagnetismus durch Gewichte kompensiert wird. Von Vorlesungsapparaten beschrieb er eine Apparatur zur Demonstration der Schallfortpflanzung in Röhren und der verschiedenartigen Reflexion des Schalles an offenen und geschlossenen Rohrenden, sowie seinen Universalapparat zur Statik und Dynamik starrer Körper (R. Hennig, diese Zeitschr. *I. 137*). Endlich erfand er 1895 seine Drucklibelle, bei der die Verschiebung einer Flüssigkeitssäule in einem geknickten Rohr zur exakten Messung kleinster Druckdifferenzen benutzt wird. Er wies nach, daß auf diese Art aus dem Druckunterschied zweier Luftsäulen von nur 74 cm Höhe die Temperaturdifferenz beider sich mit großer Genauigkeit bestimmen ließ: zwischen 0 und 100° auf $^1/_{40}$°, bei 1700° auf 1,3°. Die Anwendung dieses Verfahrens zur Ausdehnung der Skala der Gastemperaturen hat durch die inzwischen ausgebildete Methode der Strahlungsmessung an Wert verloren, dagegen sehen wir die Drucklibelle als ein Mittel zur Messung von Luftgeschwindigkeiten, namentlich für Zwecke der Luftfahrt, sich mehr und mehr einbürgern.

Toepler war schon im Frühjahr 1888 an nervösen Herzstörungen mit Herzschwäche erkrankt und hatte seine Tätigkeit zwei Jahre lang aussetzen müssen. Er nahm dann zwar seine wissenschaftliche Arbeit wieder auf, blieb aber doch schwer krank und mußte im Herbst 1900 in den Ruhestand treten. Er hatte ein langes Leiden dann noch mehr als 11 Jahre hindurch zu tragen, erfreute sich aber während dieser Zeit noch mannigfacher Zeichen der Anerkennung und Verehrung von seiten seiner Fachgenossen. Hervorgehoben sei die Glückwunschadresse der Berliner Akademie zur Feier seines goldenen Doktorjubiläums am 25. Mai 1910; darin war ausgesprochen, daß es ihm vergönnt gewesen sei, kräftig und dauernd Weiterwirkendes zu schaffen. Diese weite Wirkung ist hauptsächlich darauf zurückzuführen, daß sein wissenschaftliches Arbeiten auf die Ausbildung von Methoden abzielte, und daß sich in ihm die Begabung zu exakter physikalischer Arbeit mit einer reichen Erfinderphantasie aufs glücklichste vereinigt fand. *P.*

Der relativistische Positivismus und die Naturwissenschaft. In einem längeren Artikel des Handwörterbuchs der Naturwissenschaften behandelt J. Petzoldt die „Naturwissenschaft" vom Standpunkt des neueren Positivismus[1]). Der Artikel ist in die Abschnitte gegliedert: 1. Wert und Ursprung der Naturwissenschaft; 2. Aufgabe und Methoden der Naturwissenschaft; 3. Der Begriff der Naturwissenschaft. Wir finden hier die positivistische Auffassung in einer überaus klaren und konsequenten Darstellung auseinandergesetzt, auf deren Studium wir umsomehr verweisen müssen, als es unmöglich ist, dem reichen Inhalt durch einen Auszug auch nur annähernd gerecht zu werden. Wir begnügen uns, einzelne Punkte herauszuheben, die für die zugrunde liegende Auffassung besonders charakteristisch erscheinen.

Mit Recht führt der Verfasser im Beginn aus, daß man den Begriff Natur nicht von vornherein definieren könne, sondern ihn aus den Naturwissenschaften selbst ableiten müsse; er gibt daher erst am Schluß seiner Darlegungen die Begriffsbestimmung an, daß „Natur" die Gesamtheit der der Menschheit überhaupt zugänglichen Erfahrungen bedeute (während der Begriff „Seele" individuell ist und die Erlebnisse des einzelnen Individuums umfaßt). Was den Menschen zur Naturforschung treibe, sei ein letztes, ursprüngliches, psychologisch nicht weiter ableitbares Bedürfnis des Menschen, das Verlangen nach Erkenntnis. Neben diesem, nicht über ihm stehen die andern beiden Verhaltungsweisen, das Handeln und das ästhetische Genießen. Es sei aber ein Vorurteil, das geistige Leben als etwas Selbständiges, von seiner physischen Grundlage Unabhängiges anzusehen. Innerhalb des seelischen Gebiets gelte erfahrungsgemäß das Gesetz der Kausalität nicht, die geistigen Vorgänge hängen untereinander nie-

[1]) Handwörterbuch der Naturwissenschaften, herausgegeben von E. Korschelt u. a., Hauptredaktion von Dr. E. Teichmann, Verlag von Gustav Fischer in Jena. Bd. VII, S. 50—94.

mals eindeutig zusammen wie die Vorgänge in der Natur; die eindeutigen Bestimmungsmittel für das geistige Geschehen seien vielmehr ausnahmslos und vollständig in den biologischen Vorgängen der Gewebe der grauen Hirnrinde auffindbar zu denken (S. 59). Aus dem Vorhandensein von Teilsystemen in der Hirnrinde erkläre sich aufs einfachste die nicht auf kausaler Verknüpfung beruhende Folge psychologischer Vorgänge. Das geistige Leben und insbesondere der Erkenntnistrieb sei solcherart auf eine biologische Wurzel zurückführbar.

Als Aufgabe der Naturwissenschaft wird zutreffend bezeichnet: die Aufstellung von Begriffen und Gesetzen der Naturtatsachen und deren systematische Ordnung und logische Verknüpfung zu Theorien. Das Vorbild für alle Naturwissenschaften sei die Physik; die relative Einfachheit ihres Tatsachengebiets erlaube ihr in weitestem Umfange die Anwendung mathematischer Darstellung und damit den Ausdruck ihrer Ergebnisse in der klarsten und schärfsten Form. In der mathematischen Darstellung sei alles „Überflüssige" ausgeschieden; was die Massen, Kräfte, Arbeiten, Temperaturen, Wärmemengen, Energien, Atomgewichte usw., die in den Gleichungen mit bestimmten Werten auftreten, für die Forscher ursprünglich noch bedeutet haben mögen, brauche uns, wenn wir den Erkenntniswert und die Aufgaben der Naturwissenschaft feststellen wollen, nicht zu kümmern. [Hier schon wird der Physiker Widerspruch erheben, denn das Ziel der Forschung ist für ihn wie auch für den Positivismus, daß er „Tatsachen überschauen, sinnlich Begebenes, Erlebtes und immer Wiederkehrendes auffassen und mit ihm fertig werden, sich mit ihm ins Gleichgewicht, in ein endgültiges Verhältnis setzen will". Es scheint, daß der Positivismus sich seiner eigensten Grundlagen entäußert, wenn er auf diese Zusammenhänge keinen Wert mehr legt.] Der Sinn dieser Ablehnung ist das Bestreben, alle „metaphysischen" Zusätze zu reinen Erfahrung zu verwerfen; als solche erscheinen dem Positivismus alle Verdinglichungen, wie sie in den Begriffen Masse, Wärmemenge usw., und vor allem in dem allgemeinsten dieser Begriffe, dem Substanzbegriffe, vorliegen. Der Kampf gegen den Substanzbegriff nimmt denn auch in dem vorliegenden Aufsatz einen breiten Raum ein; auch hierin wird die heutige Naturforschung nicht mitgehen, sie wird nicht darauf verzichten wollen, mit dem Begriff der Substanz zu arbeiten, ohne den auch der Begriff des Atoms seinen Sinn verliert; sie wird sich andrerseits der kritischen Besinnung nicht verschließen, daß es sich hier um einen Hilfsbegriff handelt, der zu den Tatsachen der Wahrnehmung hinzugefügt wird, aber einen Hilfsbegriff, durch den allein es möglich ist, ein zusammenhängendes Bild des Wirklichen zu gewinnen.

Aus der Ablehnung des Begriffs einer Wirklichkeit, die von den Tatsachen der Wahrnehmung unterschieden ist, erklärt sich auch, daß der Positivismus den Gegensatz von Sein und sinnlichem Schein, dessen Aufdeckung uns als eins der wertvollsten Resultate der wissenschaftlichen Forschung von Jahrhunderten gilt, als sinnlos hinstellt. Der Versuch, das kopernikanische und das ptolomäische System für gleichwertig zu erklären, scheitert an dem Vorhandensein der Zentrifugalkraft, deren Zusammenhang mit der absoluten Rotation der Positivismus mit allen verzweifelten Versuchen nicht wegzudisputieren vermag. Über die Frage, ob es nichts „Absolutes" gibt, mögen sich die Philosophen unter sich auseinandersetzen. Die Relativitätstheorie des Positivismus scheint ja in dem Relativitätsprinzip der heutigen Physik ihr Gegenstück zu finden; doch weist der Verfasser selbst darauf hin, daß das letztere zurzeit noch mit dem Begriff der absoluten Geschwindigkeit des Lichtes zu rechnen genötigt ist. Wie konsequent der Verfasser im übrigen an dem Korrelationsprinzip festhält, mag folgendes Beispiel zeigen: „Man sagt, ein schräg zur Oberfläche ins Wasser getauchter Stab ‚scheint' an der Übergangsstelle von Luft und Wasser geknickt zu sein, und der senkrecht hineingetauchte Stab ‚erscheint' verkürzt . . . Diese Ansicht ist nicht aufrecht zu erhalten, wenn nicht sofort der Metaphysik des den Erscheinungen zugrunde Liegenden die Türen von neuem geöffnet werden sollen. Vielmehr muß es heißen: Der Stab ‚ist' geknickt, der Stab ‚ist' verkürzt ... — natürlich nicht absolut, sondern nur in bezug auf das Auge, optisch. Für die am Stabe entlangfassende Hand ist der Stab nicht geknickt und verkürzt ... Das ist kein Widerspruch, weil wir in beiden Fällen verschiedene Beziehungspunkte, verschiedene Bezugssysteme, also aber auch verschiedene Relationen haben. Für gewöhnlich stimmt die optische Elementargruppe eines Dinges mit der taktilen überein, oft genug aber treten sie auseinander. Dann erhält die Gruppe für das gewöhnliche Urteil das Übergewicht,

die nicht nur vorübergehend auftritt. Da der Stab nach dem Herausziehen wieder Übereinstimmung zwischen den optischen und den taktilen Komponenten zeigt, so gilt die optische Abänderung nicht für ‚wirklich‘. Allein, das ist nur eine Beurteilung auf Grund und zugunsten der Majorität der uns vorkommenden Fälle, eine Beurteilung unter praktischem Gesichtspunkt. Die Erkenntnistheorie muß anders verfahren; für sie kann nicht die Häufigkeit eines Vorganges darüber entscheiden, ob er für Wirklichkeit oder Sinnestäuschung erklärt wird. Der Begriff der optischen Täuschung darf für sie nicht mehr vorhanden sein. Für sie kann es nur heißen: unter diesen Bedingungen ist ein Gegenstand so, unter jenen so, und alle Bedingungskomplexe, alle Bezugssysteme sind untereinander gleichberechtigt.“

Wir haben diese Ausführungen vollständig wiedergegeben, um den Lesern selbst ein Urteil über die hier dargelegte Ansicht zu ermöglichen. Die Physik wird sich nicht dazu bestimmen lassen, beide Erscheinungen als gleichberechtigt anzusehen; kann sie doch exakt die Bedingungen darlegen, unter denen die eine Erscheinung in die andere übergeht und somit die eine Erscheinung auf die andere (den geknickten Stab auf den ungeknickten) „zurückführen“. Es hieße den natürlichen Zusammenhang auf den Kopf stellen, wollte man den ungeknickten Stab auf den geknickten zurückführen, da doch zu ersterem der Durchgang des Lichts durch die ebene Grenzfläche verschieden brechender Medien hinzukommen muß, damit die Wahrnehmung des zweiten zustande kommt. Noch frappanter ist ein Beispiel, das der Verfasser bei einer anderen Gelegenheit vorgebracht hat[2]). Er erklärt die verschiedenen perspektivischen Ansichten, die ein Würfel von verschiedenen Seiten darbietet, allein für wirklich, die mathematischen Würfelgestalt dagegen, wie sie in der Stereometrie behandelt wird, für unwirklich. Dahin gelangt man, wenn man die Hypothese der Wirklichkeit als metaphysisch verwirft. Mit solchen Konsequenzen führt sich der relativistische Positivismus selbst ad absurdum. —

Entsprechend wie gegen den Substanzbegriff verhält sich der Positivismus auch gegen den Begriff der Kraft und die ihm verwandten Begriffe. „Keine noch so genaue Analyse des Tatsächlichen weiß das Geringste über solche wirkenden Faktoren zu berichten; sie sind Gespenster, und für das Verständnis der Dinge auch genau so unnütz und schädlich wie Gespenster.“ Solange aber der Positivismus selber davon spricht, daß „zwei Massen aufeinander wirken, indem sie sich gegenseitig Beschleunigungen erteilen“ — so lange wird es auch zulässig sein, von einer Kraft zwischen den beiden Massen zu sprechen, die keine Erklärung jener Wirkung darstellen soll, sondern nur der Ausdruck dafür ist, daß zwischen den beiden Massen eine, uns ihrem Wesen nach verborgene, funktionale Beziehung besteht, der wir den Charakter der Notwendigkeit zuerkennen. Über den Ursachbegriff, von dem der Kraftbegriff nur ein Sonderfall ist, mögen sich die Positivisten mit den anderen Vertretern der Philosophie auseinandersetzen. Auch auf die entsprechenden, das Seelenleben betreffenden Darlegungen des Verfassers haben wir an dieser Stelle nicht einzugehn.

Von den Methoden der Naturwissenschaft wird gesagt, daß es deren in der Hauptsache nur zwei gebe: Vergleichen und Variieren. Die Methode sei aber nicht an die herkömmlichen Gegenstände der naturwissenschaftlichen Forschung gebunden. „Andere Wissenschaften haben vielmehr ihre Methoden des Vergleichens und Variierens übernommen: die Naturwissenschaften waren nur die ersten, die sie in hohem Maße und mit großem Erfolge ausbildeten.“

In betreff des Verhältnisses der Naturwissenschaft zu den übrigen Wissenschaften setzt der Verfasser auseinander, daß kein Grund bestehe, die Psychologie von den Naturwissenschaften zu trennen, daß sie vielmehr schließlich unter die biologischen Wissenschaften einzureihen sei. Insbesondere wird auch der „Ichbegriff“ als ein Begriff angesehen, der zwar eine zentrale Stellung unter allen Begriffen einnehme, aber ihnen, logisch genommen, doch gleichartig sei. Natur und Seele seien nicht verschiedene Teile der Wirklichkeit, ebensowenig dürften wir beide (etwa im Sinn des psychologischen Parallelismus) als zwei verschiedene Seiten des Wirklichen ansehen. Auch das „Ich“ sei ein Stück Natur. Wollte man gleichwohl Natur und Seele voneinander unterscheiden, so könne dies nicht inhaltlich, sondern nur der Form nach geschehen, indem wir die erlebten „Elementarkomplexe“ als der „Natur“ zugehörig betrachten, soweit wir sie als eindeutig bestimmt ansehen und als der

---

[2]) Vortrag in der Deutschen Physikalischen Gesellschaft zu Berlin am 8. November 1912. Bericht d. D. Phys. Ges. 1912, Heft 23, S. 1063.

„Seele", im besonderen „unserer Seele" angehörig, soweit wir sie nehmen, wie sie gehen und kommen, unabhängig davon, ob sie einander bestimmen oder nicht. [Ob diese Unterscheidung vor dem Forum der wissenschaftlichen Philosophie bestehen kann, scheint uns zweifelhaft.] Die Annahme einer Realität jenseits der Elementarkomplexe unserer Sinnesempfindungen wird von dem Verfasser wie von dem gesamten Positivismus, abgelehnt; er kennt nur „unaufhebbare Relationen", in denen wir mitten inne stehen. Daß andrerseits die Frage nach dem Wesen der Welt unlogisch sei, diese Auffassung hat der Positivismus mit anderen philosophischen Standpunkten gemeinsam.

Von den gesamten Geisteswissenschaften einschließlich Mathematik und Philosophie setzt der Verfasser schließlich auseinander, daß sie als Naturwissenschaften aufgefaßt werden müßten. „Alle Wissenschaft ist Naturwissenschaft." Wissenschaft in diesem Sinne bedeute schlechthin „das auf das Allgemeine, auf Begriffe und Gesetze gerichtete Denken". Natur aber ist (in Übereinstimmung mit dem zu Anfang Angeführten) „die Gesamtheit der Erfahrungen unter wissenschaftlichen Gesichtspunkten, im besonderen unter dem der eindeutigen Bestimmtheit aller Dinge und Vorgänge". —

Bei voller Anerkennung vieler scharfsinniger Ausführungen glauben wir doch nicht, daß die Physik und der Physikunterricht Anlaß haben, sich mit der positivistischen Grundauffassung zu befreunden, mindestens so lange nicht, bis innerhalb der philosophischen Wissenschaft selbst der Kampf zugunsten des Positivismus entschieden sein sollte. Auch von dem Positivismus wird gelten, was von früheren philosophischen Systemen gilt, daß er nur einen Teil der Wahrheit darbietet und durch allzu einseitige Hervorkehrung eines Prinzips seinen Erfolg gefährdet. *P.*

4. *Unterricht und Methode.*

Die Entwicklung der chemischen Schülerübungen (Originalbericht; Schluß). Die im ersten Bericht (diese Zeitschr. *XXVI*, S. 54) befürwortete Abkehr von dem vorwiegend analytischen Betrieb der Übungen und der Übergang zu dem „Übungsverfahren" in früher dargelegtem Sinne erfordert noch die Klärung etlicher Fragen. Es gilt zunächst, in experimenteller Hinsicht alle einzelnen Versuche und — was noch wichtiger ist — alle zusammenhängenden Versuchsreihen daraufhin anzusehen, inwieweit sie sich für die Schülerübungen eignen oder auch sie, soweit es tunlich ist, eigens für diese Übungen umzuformen.

Die Frage, ob bei einem bestimmten Pensenabschnitt die Übungen dem Klassenunterricht vorangehen oder nachfolgen sollen, wird zumeist nach der ersten Richtung hin zu beantworten sein — sie generell dahin zu beantworten, wäre verfrüht. Es gibt mehrere Pensenabschnitte, bei denen es zweckmäßiger ist, erst im Klassenunterricht in den neuen Stoff einzuführen, so daß dann die Übungen mehr eine praktische Anwendung des bereits Erkannten darstellen. Zumeist aber wird man den voranschreitenden Übungen, bei denen vorwiegend induktiv vorzugehen ist, den Vorzug geben. Immerhin haben abschnittweise beide Verfahren ihre Berechtigung, und es ist jedem Übungsleiter, der von dem älteren mehr oder weniger rein analytischen Verfahren zu dem neuen Übungsverfahren übergehen will, zu empfehlen, zeitweilig es mit beiden Wegen, mit vorangehenden und nachfolgenden Schülerübungen, zu versuchen, um so aus eigener Erfahrung ein Urteil zu gewinnen. Beide Verfahren sind aber, wenn sie auch einander ausschließen, doch nicht die ausschließlichen. Das sachlich am meisten zu erstrebende Verfahren besteht darin, eine Übungsreihe, zuweilen nur eine einzelne größere Übung dann eintreten zu lassen, wenn die auszuführenden Versuche durch den übrigen Unterrichtsgang unmittelbar erheischt werden. Es ist dies dieselbe Forderung, die für die Stellung des Experiments im chemischen Klassenunterricht seit langem erhoben worden ist. Dieses Verfahren hat jedoch in seiner Übertragung auf das Übungsverfahren verschiedene nicht leicht erfüllbare Voraussetzungen, nämlich erstens, daß sämtliche Schüler an den Übungen teilnehmen, zweitens, daß zur Zeit des angesetzten Klassenunterrichts der Übungsraum frei, und daß drittens umgekehrt der Klassenraum zur Zeit der angesetzten Übungen unterrichtsfrei ist, so daß nach Absolvieren einer Übungsversuchsreihe sogleich der Klassenunterricht mit seinen Vorteilen der größeren Konzentration und mit eigentlichen Demonstrationsversuchen — d. h. solchen, die sich für die Übungen überhaupt nicht eignen — wieder einsetzen kann. Bei diesem Vorschlage ist allerdings eine Doppelstunde vor-

ausgesetzt; innerhalb einer einzelnen Stunde ist ein Wechseln nicht rätlich. Zeitweise, sofern die aufgezählten Bedingungen sich gerade erfüllen ließen, hat Ref. in seinem chemischen Unterricht in der Prima (R.-G.) diese Grundsätze durchzuführen gesucht. Es traten dabei hinsichtlich des Eifers und des besseren Eindringens der Schüler entschiedene Vorteile hervor, doch kann dieses Verfahren wegen der beträchtlichen äußerlichen Schwierigkeiten einstweilen nicht allgemein empfohlen werden. Daß dabei fast durchgängig nach dem Verfahren der gleichzeitig gleichen Beschäftigung oder der gleichen Front gearbeitet wurde, sei beiläufig erwähnt; es ist dies ja dasjenige Verfahren, das in den chemischen Schülerübungen für alle einfacheren Versuche seit langem ausgebildet war.

Ein besonders im ersten Laboratoriumsunterricht in der Prima der Realgymnasien sich geltend machendes, stark erschwerendes Moment besteht zurzeit darin, daß in der O II wie auch im vorbereitenden Unterricht der U II chemische Schülerübungen zumeist nicht angesetzt sind; es bedarf keiner weiteren Ausführungen, daß Übungen gerade bei der Einführung in das neue, keineswegs leicht zu erfassende Unterrichtsgebiet nicht nur wünschenswert, sondern durchaus notwendig sind. Mit Recht wurde in den Leitsätzen von E. Löwenhardt und L. Doermer gerade die dahingehende Forderung erhoben (vgl. diese Zeitschr. *XXVI*, S. 55). Zu diesen Leitsätzen sei noch bemerkt, daß Referent bereits im Jahre 1908 in einem die chemischen Schülerübungen behandelnden Vortrage vor der Ortsgruppe, Groß-Berlin des Vereins zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts die nachstehenden, zu Protokoll genommenen Forderungen aufstellte: 1. Die chemischen Schülerübungen „müssen in den Unterricht hineingearbeitet werden. um dadurch den Unterricht zu entlasten.“ 2. „Gerade bei der ersten Einführung muß mit praktischen Übungen angefangen werden.“ 3. Diese sind „so in den Unterricht einzugliedern, daß im allgemeinen mit den Übungen begonnen wird; noch besser ist es, sich dabei ganz nach dem Stoff zn richten.“ 4. Vor allem dürfen die Übungen „nicht mehr bloß fakultativ sein, sondern müssen in den obligatorischen Unterricht direkt hineinfallen.“ — Man wird die erfreuliche Übereinstimmuug in all diesen Forderungen nicht verkennen.

Die vorliegenden Ausführungen gingen von der stillschweigenden Voraussetzung aus, daß an dem fakultativen Praktikum alle Schüler der Klasse teilnehmen, wie dies auch an verschiedenen Anstalten verwirklicht ist. Dennoch ist lehrplanmäßig das Praktikum unverbindlich, während die ganze methodische Entwicklung der letzten Zeit dahin drängt, die chemischen Schülerübungen obligatorisch in den übrigen Lehrgang einzuflechten. Einen Weg, wie dies an der Oberrealschule zu ermöglichen ist, gibt O. Prölss in einer Programmarbeit[1]) an. In dieser Arbeit bietet der Verfasser noch einmal eine treffliche Übersicht über die Gründe, die dafür sprechen, vom fakultativen zum obligatorischen Praktikum überzugehen. Auch sonst enthält die Arbeit viele wertvolle Bemerkungen — wenn wir auch dem Verfasser in der geringen Bewertung der mit dem chemischen Praktikum verknüpften Handfertigkeitsübungen nicht beistimmen können —, auch solche nüchterner Art; so werden mit Recht den neuerdings mehrfach anzutreffenden, die Ziele der praktischen Übungen übertreibenden Schlagworten, z. B. daß die Schüler „selbständig erfinden“, die Versuche „selbst ausdenken“, „die allgemeinen Begriffe und Regeln selbst ableiten“ sollen, die treffenden Worte R. Winderlichs (Logik in der Chemie, Monatshefte 1909, S. 541) entgegen gehalten: „Schüler. die das können, brauchen keinen Unterricht, sie sind größer als die Forscher“ usw. — es sei nicht unterlassen, darauf hinzuweisen, daß diese und ähnliche Schlagworte weniger auf deutschem Boden erwachsen sind, sondern zumeist aus England und Amerika stammen. Trotzdem können wir uns mit dem Hauptgedanken der Schrift nicht einverstanden erklären. Bei dem genannten Versuch handelte es sich zunächst um die Einführung der obligatorischen Übungen in den Unterricht der O II. Hier stehen der Chemie wöchentlich 3 Stunden Klassenunterricht und zwei Stunden fakultatives Praktikum zur Verfügung. Der Verfasser hat nun vom 3 stündigen Klassenunterricht 1 Stunde für obligatorische Übungen weggenommen, wobei jedoch — was sicherlich zweckentsprechend ist — diese Übungen nicht wöchentlich einstündig, sondern vierzehntägig zweistündig stattfinden. Gegen einen solchen methodischen Versuch läßt sich gewiß nichts einwenden. Was macht aber der Verfasser mit dem lehrplanmäßigen 2 stündigen Praktikum? Er läßt es einfach fallen. Mag hiervon

[1]) Über obligatorische Schülerübungen als Grundlage des Chemieunterrichts auf der Oberstufe der Realanstalten. Oberrealschule in St. Georg in Hamburg. 1912. Progr.-Nr. 1062.

der übrige Stundenplan noch so günstig beeinflußt werden, wie der Verfasser des näheren ausführt, der Verlust kann dadurch nicht wieder eingebracht werden. Wir müssen von einem solchen Vorgehen dringend abraten, nicht nur vom engeren Standpunkt des Faches sondern von dem allgemeineren Gesichtspunkt aus, daß auf diese Weise den interessierten Schülern einfach die Möglichkeit entzogen wird, ihre naturwissenschaftliche Gesamtbildung einmal nach bestimmter Richtung hin zu erweitern. Diese Möglichkeit, die den der Ausbreitung des naturwissenschaftlichen Unterrichts widerstrebenden Kräften mühsam abgerungen wurde, wieder aufzugeben, halten wir geradezu für einen Raub am naturwissenschaftlichen Besitzstand überhaupt.

Der Verfasser sucht nachzuweisen, daß von dem Ausfall der zwei Wochenstunden hauptsächlich die sprachlichen Fächer Vorteil ziehen und erhofft eine Gegenleistung in der Prima, wo dem chemischen Unterricht nur 2 Wochenstunden zur Verfügung stehen, in Gestalt einer Wochenstunde, um diese in ähnlicher Weise wie in der O II zu verwenden, während jetzt zu dem analogen Versuch in der Prima eine abgezweigte einzelne Stunde dient, so daß dem chemischen Klassenunterricht nur 1 Wochenstunde verbleibt. Bis jetzt liegt indessen eine Erfüllung dieser Hoffnung nicht vor.

Mehr versprechen wir uns von einem Versuche, der seit einiger Zeit in Berlin an der Friedrichs-Werderschen Oberrealschule gemacht wird. Dort wird — wie ich den dankenswerten privaten Mitteilungen des Herrn B. Leisering entnehme — von den 3 Stunden, die in der U I für den chemischen Klassenunterricht angezetzt sind, ebenfalls eine Wochenstunde zu obligatorischen Schülerübungen verwendet, die mit dem fortlaufenden Unterricht in engen Zusammenhang gebracht werden. Daneben besteht aber noch das fakultative Praktikum, so daß hier für die am obligatorischen Praktikum teilnehmenden Schüler Gelegenheit zu weitergehender Ausbildung gegeben ist. Diese geübteren Schüler übernehmen dann in den obligatorischen Übungen der Klasse eine Art Assistentenrolle, indem sie je einen oder zwei ihrer Mitschüler zur Ausführung der Experimente anleiten helfen. —

Auch an den Volksschulen beginnt sich seit kurzem hinsichtlich des chemischen Unterrichts ein Leben zu regen, das durchaus die Aufmerksamkeit weiterer Kreise verdient. Es liegt eine größere Reihe von Veröffentlichungen vor, in denen nicht nur mit Recht ein intensiverer Betrieb der Chemie an der Volksschule, sondern auch eine Umgestaltung dieses Unterrichts in der Richtung der praktischen Betätigung der Schüler verlangt wird. Und es ist erfreulich, zu sehen, wie die Verfechter dieser Bestrebungen sich, mit verschwindenden Ausnahmen, völlig von den Fesseln der üblichen Systematik befreien und den Unterrichtsstoff rein nach Gesichtspunkten des praktischen Lebens gestalten, teilweise, vielleicht unbewußt, nach älteren englischen Mustern. In erster Linie ist hier zu erwähnen der Abschnitt „Chemie und Mineralogie“ in dem Buche „Aus der Praxis der Arbeitsschule“, das Seminardirektor Dr. A. Pabst in Leipzig zusammen mit acht Mitarbeitern soeben herausgegeben hat (vgl. diese Zeitschr. *XXV*, *S. 329*). Der erwähnte Abschnitt ist verfaßt von Seminarlehrer M. Mittag und Seminarhilfslehrer H. Schäfer in Cöthen. Die Grundfrage, ob einfache „chemische Schülerübungen auch als Klassenunterricht betrieben werden können“, wird hier auf Grund vierjähriger Erfahrung bejahend beantwortet, nur müssen die Schüler einer Klasse dazu in zwei Abteilungen gegliedert werden. Die Hilfsmittel sind folgende: Ein Kasten von etwas größeren Abmessungen als eine gewöhnliche Zigarrenkiste enthält die wichtigsten Gerätschaften; ein aufgelegtes Stück Linoleum (30 × 40 cm) schützt den Tisch und mindert gleichzeitig die Nachteile der Abschrägung; eine unter Verwendung einer Flasche selbsthergestellte Wage — über deren (aus Frankreich stammendes) Urbild Ref. schon vor 16 Jahren in dieser Zeitschrift (*IX*, *142*) berichtete — vervollständigt die kleine Ausrüstung. Ob es zweckmäßig und erzieherisch richtig ist, eine Spirituslampe aus einer beliebigen niedrigen Flasche (Tintenfläschchen) zu improvisieren, so daß nach dem Gebrauch immerfort langsame Wasseranziehung aus der Luft bzw. langsame, unter dem Wohlgeruch des vergällten Alkohols sich vollziehende Verdunstung stattfindet, muß doch sehr bezweifelt werden; jede kleinste (schon für wenige Pfennige käufliche) Spirituslampe hat jetzt ihren Verschluß, und zu der gewissenhaften Benutzung desselben sollen die Schüler gerade angehalten werden; will man den Kindern die Freude an der Herstellung des obigen Brenners aus einfachen Mitteln nicht versagen, so müßte durchaus für einen Verschluß gesorgt werden, der sich vielleicht in Gestalt einer Kappe unter Verwendung von Plastilina gewinnen läßt. Doch

das ist immerhin ein untergeordneter Punkt. Die weitere methodische Durcharbeitung des Unterrichtsstoffes und zumal der Schülerübungen zeugt von Geschick und liebevoller Hingabe an die Sache.

Auf einem ganz ähnlichen Standpunkt stehen drei schon im Jahre 1911 herausgegebene kleine Schriften: 1. P. Köhler, Der Chemieunterricht mit Schülerversuchen (36 S.), 2. W. Paul, Praktische Schülerübungen in der Chemie (32 S.), 3. M. Kreisel, Das Arbeitsprinzip im Chemieunterricht der Volksschule (26 S.), die sämtlich für einen auf Übungen gegründeten chemischen Unterricht in der Volksschule eintreten. Ob diese Schriften, die im selben Jahre und im selben Verlage (E. Wunderlich, Leipzig) erschienen sind, ganz unabhängig voneinander bearbeitet sind, entzieht sich der Beurteilung des Referenten. Ob sie sich ferner, wie es den Anschein hat, vorwiegend auf sächsische Verhältnisse beziehen, ist auch nicht festzustellen, da bei der einen Schrift (Nr. 3) der Wohnort des Verfassers überhaupt nicht, auch nicht unter dem Vorwort, angegeben ist (wie dies allgemeiner, durchaus notwendiger Brauch ist). Abgesehen hiervon ist in allen drei Schriften die Art der Durchführung der Versuche mit möglichst einfachen Mitteln zu loben. Bei der erstgenannten Schrift ist die Ausführung der einzelnen Versuchsreihen in Frage und Antwort gegliedert; bei den anderen handelt es sich mehr um progammatische Erörterungen und organisatorische Fragen über Übungsraum, Übungshefte u. a. Besonders die zweite Schrift enthält hinsichtlich der „Ausgestaltung des Lehrganges“ nach rein praktischen Gesichtspunkten viele gesunde Gedanken. Erwähnt sei z. B. der besonders betonte Satz: „Die systematische Behandlung der gasförmigen Elemente am Anfang des Chemieunterrichts widerspricht den einfachsten Elementarsätzen der Pädagogik“ (S. 16). Ferner wird die Konzentration von Chemie und Mineralogie als etwas Selbstverständliches angesehen. Hervorzuheben ist noch, daß mehrfach in diesen Schriften auch organische Verbindungen behandelt sind und auf biologische Verhältnisse Rücksicht genommen ist. (In dem Buche von A. Pabst findet sich überdies die Biologie in einem besonderen, ziemlich umfangreichen Abschnitt bearbeitet). Manche Angaben lassen freilich noch etwas zu wünschen übrig; daß z. B. Spiritus, Papier, Holz ... „Verbindungen von Kohlenstoff und Wasserstoff oder Kohlenwasserstoffe“ sind (1., S. 36), oder daß „Natronlauge in der Soda enthalten sei“ und sich demgemäß Soda „aus Kristallwasser, Kohlensäure und Natronlauge zusammensetze“ (2., S 8), oder daß Stickstoff schädlich für unsere Lungen sei (3., S. 11) — doch werden sich derartige einzelne Fehler leicht ausmerzen lassen. Das Wesentliche ist anerkennenswert, und das sind die Bestrebungen als Ganzes genommen. So werden diejenigen, die im chemischen Elementarunterricht Schülerübungen bisher noch nicht angestellt haben, aus allen drei Schriften, vielleicht am meisten aus der zweiten, mannigfache Anregungen schöpfen. —

Ganz ähnlichen Bestrebungen begegnen wir in zwei Arbeiten, die in dem in dieser Zeitschr. (*XXV*, *382*) bereits erwähnten Buche „2. Jahrbuch der pädagogischen Zentrale des deutschen Lehrervereins“ enthalten sind: 1. H. Gewolf: Chemische Schülerübungen, 2. J. F. Herding: Schülerübungen im Chemieunterricht. Auch in dem Aufsatz desselben Buches „Aus dem chemischen Arbeitsunterricht am Lehrerseminar“ von M. Mittag finden sich viele treffliche Bemerkungen. Ferner ist daraus noch ein längerer Aufsatz von F. Dannemann zu erwähnen: „Die Entwicklung der chemischen und biologischen Schülerübungen“, der im wesentlichen Gedanken wiedergibt, die in desselben Verfassers Schrift „Der naturwissenschaftliche Unterricht“ bereits enthalten sind, und über die früher in dieser Zeitschr. (*XXI*, *404*) berichtet wurde. — Der Aufsatz von Gewolf bezieht sich auf Münchener Verhältnisse. In den Volksschulen Münchens sind chemische Schülerübungen in der 8. Klasse mit wöchentlich je 1 Stunde eingeführt. Die Klassen werden geteilt, 24 Schüler bilden die Höchstzahl einer Abteilung. Zwei wöchentliche Einzelstunden werden zu einer vierzehntägigen Doppelstunde zusammengelegt. Überzeugend sind die Ausführungen des Verfassers, daß kein anderer als der Klassenlehrer die Übungen leiten müsse. In sachlicher Hinsicht teilt Gewolf, der durch das eingeführte Lehrbuch an Arendts Lehrgang gebunden war, das Bedenken von Capesius, daß dieser Lehrgang „lediglich nach fachwissenschaftlichen Gesichtspunkten angeordnet“ sei. Wenn der Verfasser ferner meint, daß ein historisch-genetischer Lehrgang die beste Gewähr für einen geistbildenden Unterricht biete, und wenn er noch das Wort Ostwalds, „der logische Entwicklungsgang einer Wissenschaft fällt mit dem geschichtlichen sehr nahe zusammen“, hinzufügt, so ist er unseres Erachtens auf der richtigen Fährte; er ist aber im Irrtum, wenn er meint, daß

ein solcher Lehrgang noch zu wenig ausgebaut sei. Nicht einverstanden ist Ref. damit, daß schon so frühzeitig (3. Aufgabe) eine abgekürzte, mit den allgemeinen Vebrennungserscheinungen verquickte Untersuchung der Luft vorgenommen wird.

In der Arbeit von Gewolf wie auch in einigen der vorgenannten ist vielfach auf die Möglichkeit von Unfällen hingewiesen. Es ist dies in der Tat ein wichtiger Punkt, wenn es sich darum handelt, chemische Schülerübungen in größerem Umfange in die Volksschule einzuführen. Der Forderung, daß die Versuche „vollkommen gefahrlos seien“ (bei Gewolf S. 138), kann durchaus nicht immer entsprochen werden, da schon beim bloßen noch ungeschickten Hantieren, sowohl bei chemischen wie auch physikalischen Schülerübungen, Unfälle, unter Umständen mit Komplikationen, eintreten können. Es wäre jedoch widersinnig, dies als ein Argument gegen die Übungen vorbringen zu wollen. Denn durch die Übungen soll gerade auch erreicht werden, daß die manuelle Ungeschicklichkeit beseitigt wird, wodurch am besten späteren Unfällen im Leben vorgebeugt wird. Bei chemischen Versuchen hängt nun hinsichtlich der Gefahrmöglichkeit viel davon ab, in welcher Weise, mit welchen Gefäßen, mit welchen Stoffmengen und mit welcher Wärmezuführung sie angestellt werden. Hier ist größte Genauigkeit bei den Angaben für den einzelnen Schülerversuch, große Umsicht und gewissenhafteste Sorgfalt nötig. Ref. möchte in dieser Beziehung auf seine Schrift „Die Verhütung von Unfällen im chemischen und physikalischen Unterricht“ sowie auf die zugehörige „Merktafel“ hinweisen (diese Zeitschr. *XXV. 197*).

Die Arbeit von Herding betrifft Hamburger Verhältnisse. Hier fingen die methodischen Versuche 1909 mit zwei ersten Knabenklassen einer Volksschule an, die in dem Raume des Laboratoriums für Lehrer arbeiten konnten. Jede Klasse wurde in zwei Abteilungen von 16 bis 18 Schülern geteilt; diese wurden sowohl in der Physik wie in der Chemie in je einer wöchentlichen Doppelstunde unterrichtet, derart, daß die eine Klassenhälfte in der Physik, die andere gleichzeitig in der Chemie beschäftigt wurde. Der Verfasser befürwortet das Arbeiten in Gruppen zu je zwei Schülern. 1911 wurden diese Versuche von der Behörde auf zwei weitere Schulen ausgedehnt. Hier mußten die Räume des Schulhauses benutzt werden; es wurde nur für den nötigen Gasanschluß gesorgt und die schrägen Schultische mit wagerechten Auflegebrettern versehen. In den neueren Schulen ist der Klassenraum der Selekta für chemische Schülerübungen eingerichtet. Im Entwurf des neuen Lehrplanes für die Hamburger Volksschulen ist der Schülerversuch als Grundlage des chemischen Unterrichts vorgesehen, und die Schulen werden dementsprechend neu ausgestattet werden. Die Ausrüstung selbst ist näher angegeben (S. 177); sie ist als eine sehr stattliche zu bezeichnen. Das sind außerordentlich erfreuliche Zeichen für die Entwicklung der chemischen Schülerübungen. Das Beispiel Hamburgs wird nicht verfehlen, auf andere Städte günstig einzuwirken.

Andrerseits muß in bezug auf die ganzen Bestrebungen der Volksschule doch gesagt werden, daß hinsichtlich der Art des Vorgehens, besonders hinsichtlich der Stoffanordnung und der Gewinnung der Grundbegriffe, sich die Anschauungen erst noch weiter klären müssen. Man begegnet einstweilen noch mehrfach einem Zuviel und einem zu regellosen Durcheinander an Stoffen und Vorgängen. Was ferner die erste Einführung anlangt, so wird auf der einen Seite deutlich erkannt, daß diese nicht zu den gasförmigen Körpern greifen dürfe, während auf der anderen Seite gerade die Luft, also insbesondere der Sauerstoff mit seinen Versuchen, womöglich noch unter Hinzunahme des Wasserstoffs, an den Anfang gestellt wird. Auch hier wird es allmählich sich erweisen, daß der Schwefel und die Schwefelverbindungen, insbesondere die natürlich vorkommenden, viel geeignetere Stoffe zur Einführung in die chemischen Grundbegriffe darstellen als die gasförmigen Elemente. Auch dazu möchten wir raten, daß bei der Einführung chemischer Schülerübungen in die Volksschule die Ziele nicht gleich zu hoch gesteckt werden.

Abgesehen hiervon ist aber zu wünschen, daß all diese Gedanken und Bestrebungen in immer weitere Kreise dringen, und daß ihnen bald überall die Tat nachfolge. Man darf jedenfalls der Entwicklung der chemischen Schülerübungen auch auf dem Gebiete der Volksschulen und Seminarien mit Spannung entgegensehen. Allerdings können wir dann bald etwas Eigenartiges erleben, nämlich, daß der von der einfachen Volksschule Abgehende den Abiturienten eines Gymnasiums in wichtigen chemischen und biologischen Kenntnissen direkt zu beschämen vermag.

O. Ohmann.

5. *Technik und mechanische Praxis.*

Chemie und Technik extrem hoher Temperaturen. Hierüber macht H. Goerges in den *Naturwissenschaften 1913, Heft 12,* einige Mitteilungen. Zur Erzeugung extrem hoher Temperaturen im Laboratorium bedient man sich heut fast ausschließlich der elektrischen Öfen. Solche hat zuerst Despretz 1849 konstruiert, und zwar sowohl einen Widerstands- wie einen Lichtbogenofen, doch fehlte es an genügend starken Strömen zu deren Betrieb. Moissau nahm die Idee des Lichtbogenofens 1891 wieder auf, doch lassen sich damit nicht Räume von einigermaßen konstanter Temperatur herstellen. solche können nur in Widerstandsöfen realisiert werden. Elektrische Öfen mit Heizwiderständen aus Platin hat Heraeus konstruiert, sie liefern indessen nur Temperaturen bis etwa 1300°; etwas höher kommt man mit den Kryptolöfen. Einen bis 2000° C für exakte Messungen brauchbaren Apparat hat Nernst 1903 konstruiert. Er setzte ein in Magnesia usta eingebettetes Iridiumrohr durch starken, niedrig gespannten Wechselstrom in heftigste Glut. Innerhalb des glühenden Iridiumrohres befand sich ein Raum von merklich konstanter Temperatur, in dem sich exakte Dampfdichtebestimmungen ausführen ließen. Der erreichbaren Temperatur war durch den Schmelzpunkt des Iridiums (2600°) eine Grenze gesetzt. Man ging deshalb zu Heizkörpern aus Kohle über, die in Vakuumöfen durch den Strom erhitzt wurden. Die ersten dieser Öfen sind in Amerika gebaut worden, ein sehr vollkommener wurde von Arsem im Laboratorium der General Electric Co. konstruiert und bereits 1906 veröffentlicht. Die Heizspirale aus Graphit ist, um Wärmeverluste durch Strahlung zu vermeiden, mit einem Zylinder aus Graphit umgeben und in ein wassergekühltes, luftleeres Metallgefäß eingeschlossen; der Raum innerhalb der Heizspiralen kann gleichmäßig bis auf 3000° und darüber erhitzt werden. Öfen dieser Art haben der Technik hervorragende Dienste geleistet, z. B. zur Herstellung ziehbaren Wolframs, wodurch die bekannte Umwälzung in der Glühlampenindustrie herbeigeführt wurde. Für wissenschaftliche Untersuchungen dient der Vakuumwiderstandsofen von Ruff (1910). Auch hier ist das Heizrohr aus Kohle in einem zweiten größeren Rohr, dem Strahlungsmantel, umgeben (Fig. 1). Die Hülle ist aus einem doppelwandigen Bronzemantel mit Wasserkühlung gebildet und hat mehrere Schaulöcher, die durch Quarzglas verschlossen sind. In das Heizrohr bringt man einen Tiegel, der die zu erhitzenden Substanzen enthält, oder schiebt letztere in Stabform hinein. Vor dem Anheizen wird der Ofen luftleer gemacht oder mit einem indifferenten Gas (H, N) gefüllt.

Fig. 1.

Nachteilig ist bei diesen Öfen, daß das Vakuum kein besonders gutes ist, die Ofenatmosphäre wirkt daher kohlend. Reine Metalle kann man kaum darin schmelzen, weil sie Kohlenstoff aufnehmen. Man hat deshalb die Versuche mit Metallen wieder aufgenommen, und dazu namentlich gepreßtes Wolfram benutzt (v. Wartenberg, Fischer und Tiede); wegen der Schwierigkeit der Bearbeitung ist es aber noch nicht gelungen, größere Widerstandsrohre aus Wolfram herzustellen.

Fig. 2.

Ganz verschieden hiervon ist die Benutzung des Vakuumlichtbogens zur Er-

hitzung. Von Wartenberg (Ber. d. physik. Ges. 1910) benutzte ein Kathodenstrahlenrohr von der in Fig. 2 dargestellten Form, wobei die Eigenschaft der Oxyde der alkalischen Erden benutzt wird, im weißglühenden Zustand Elektronen auszusenden. Ein Platinblech mit dünnem Überzug von CaO wird durch Wechselstrom zur Weißglut erhitzt, ihm gegenüber ragt aus einem Röhrchen aus Zinkoxyd die Spitze eines Wolframstäbchens hervor. Verbindet man das Platinblech mit dem — Pol einer 220 Voltleitung, das Wolframstäbchen mit dem + Pol, so fließt ein starker Elektronenstrom weicher Kathodenstrahlen vom ersten zum zweiten und bringt die Spitze des Wolframstäbchens zum Schmelzen. Die Temperatur wird optisch gemessen. Man kann auf diese Weise beliebig hohe Temperaturen erreichen. Zu Schmelzpunktbestimmungen kann man überdies auch die direkte Widerstandserhitzung benutzen. So bestimmten Pirani und Meyer den Schmelzpunkt des Tantals, indem sie durch ein Tantalband im Vakuum elektrischen Strom schickten, bis das Band durchschmolz. —

Die elektrischen Öfen der Großindustrie (z. B. bei der Darstellung von Aluminium und von Calciumkarbid) sind meist nach der Art des von Werner Siemens 1879 gebauten Ofens konstruiert, wobei den positiven Pol ein Kohletiegel, den negativen ein Kohlestab bildet. Durch Berührung des letzteren mit dem Tiegelboden wird ein Lichtbogen erzeugt und dieser darauf durch das Reaktionsgemisch zugedeckt. Heut macht man den Tiegel aus Eisenblech und benutzt die Beschickung zugleich als Ofenwand und Heizwiderstand, indem man die Zone extrem hoher Temperatur in die Beschickung einbettet, so daß sich der Tiegel selbst nur wenig erwärmt. Nur die bewegliche, in das Reaktionsgemisch eintauchende Elektrode muß aus hochfeuerfestem Material, aus Kohle, bestehen.

Man verwendet endlich heut in ausgedehntem Maße elektrische Öfen auch zur Stahlerzeugung, was schon Siemens ohne Erfolg versucht hatte. Man schützt dabei das Eisen durch eine darauf schwimmende Schlacke, die die Hitze gleichmäßig verteilt. Bei den sog. Induktionsöfen sind sogar die Elektroden überflüssig. Eine geschlossene, ringförmige, mit Eisen gefüllte Schmelzrinne bildet den sekundären Stromkreis, in dem Ströme von vielen tausend Ampère induziert werden (Fig. 3). Es ist vorauszusehen, daß die Elektrothermie die Kohle mehr und mehr zurückdrängen wird, was ja im Hinblick auf den heutigen Raubbau mit den Kohlenschätzen der Erde willkommen zu heißen ist.

Fig. 3.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Lehrbuch der Physik für Mediziner und Biologen. Von Dr. Ernst Lecher, Professor a. d. Universität Wien. Leipzig, B. G. Teubner, 1912. 451 S. mit 499 Abbildungen im Text. M 8,—, geb. M 9,—.

Das Buch bringt die Grundlehren der Physik unter steter Berücksichtigung ihrer zahlreichen Anwendungen auf medizinischem und biologischem Gebiet. Die Darstellung ist von Beziehungen zu diesen Gebieten völlig durchtränkt, so, wenn gleich auf den ersten Seiten die Anwendung des Fühlhebels zur Schädelmessung dargelegt, später in der Optik die Immersion ausführlich erörtert, die physikalischen Erscheinungen des Blutkreislaufs besprochen, die physiologische Anwendung des Saitengalvanometers auseinandergesetzt wird u s.f. Auch der Physiker wird hier manches über die Anwendungen seiner Wissenschaft erfahren. was ihm neu ist. Die Behandlung des Stoffes geht bis an die Grenze dessen, was bei elementarer Vorbildung dem Leser zugemutet werden kann. Auffallend ist, daß von Robert Mayer gesagt wird, er habe den Arbeitswert der Wärme auf spekulativem Wege der Größenordnung nach richtig bestimmt, während das von ihm benutzte exakt physikalische Verfahren gleich darnach nur benutzt wird, um c_v aus c_p zu berechnen. Hier wäre wohl eine bessere Würdigung des Verdienstes Mayers gerade in einem Buch für Mediziner am Platze gewesen. Anerkennung verdient andererseits, daß der Verfasser seine Leser auch in die neuesten Phasen der Elektronik einführt, ohne den zum Teil noch hypothetischen Charakter dieser Errungenschaften zu verschleiern. *P.*

Moderne Technik. Die wichtigsten Gebiete der Maschinentechnik und Verkehrstechnik allgemeinverständlich dargestellt und erläutert durch zerlegbare Modelle. Unter Mitarbeit von B. Albrecht, H. Hagmann, C. Klug, M. Prüssing, P. Reiniger, E. Schewe, W. Strecker, G. Wislicenus, A. Will herausgegeben von Ingenieur H. Blücher. Mit 1391 Abbildungen im Text und 15 zerlegbaren Modellen. Leipzig und Wien, Bibliographisches Institut, 1912. Zwei Bände, in Leinen geb. M 40,—.

Von den zwei glänzend ausgestatteten Quartbänden enthält der erste auf 632 Seiten den zusammenhängenden Text, der zweite eine Sammlung von 15 zerlegbaren Modellen nebst den zugehörigen Erläuterungen. Band I behandelt in einer Reihe von gut beschriebenen und leicht verständlichen Sonderdarstellungen folgende Einzelgebiete: Wind- und Wassermotoren, Verbrennungsmaschinen, Elektrotechnik, Arbeitsmaschinen, landwirtschaftliche Maschinen, Fahrräder und Motorwagen, Eisenbahnwagen, Schiffahrt, Luftfahrt, Telegraphie, Telephonie und Radiotelegraphie. Für Schüler der oberen Klassen, die ein starkes technisches Interesse haben, sind einzelne dieser Abschnitte zur Lektüre und zum Studium um so mehr zu empfehlen, als der Text durchweg durch ausgezeichnet klare und schöne Abbildungen erläutert ist. Noch größeren Wert dürfte das Buch für den Physiklehrer haben, der sich mit den Leistungen der neueren Technik genauer bekannt zu machen mannigfachen Anlaß hat und nicht leicht einen bequemeren Weg dazu als den hier dargebotenen finden wird. Auch braucht man nicht zu fürchten, daß etwa vorwiegend ältere, schon überholte Maschinentypen dargeboten werden, wie es in physikalischen Lehrbüchern häufig der Fall ist; es ist vielmehr darauf gesehen, daß nur moderne Typen zur Darstellung gelangt sind. Dies tritt besonders auch in den zerlegbaren Modellen des II. Bandes hervor, die allerdings dem Studium erheblich größere Schwierigkeiten darbieten als der Text des I. Bandes. Eine überaus große Sorgfalt ist auf diese aus vielen Schichten bestehenden Modelle verwandt, in denen die Zahl der einzelnen bezifferten Teile oft weit über 100 geht. Hervorgehoben sei die Zweifach-Expansionsdampfmaschine von Borsig, die Viertakt-Gasmaschine von Körting, der Dieselmotor, eine Heißdampflokomotive, ein Tauchboot von Krupp, das Parseval-Luftschiff, die Rumplertaube, der Hughes-Typendruckapparat von Siemens & Halske. Auch dieser Band kann dem, der genauer auf die konstruktiven Einzelheiten eingehen will, angelegentlich empfohlen werden, obwohl sich nicht verkennen läßt, daß solche papierenen Surrogate doch immer ein recht unvollkommener Ersatz der Wirklichkeit bleiben. Die außerordentliche Mühe, die auf die Herstellung dieser Modelle verwandt ist, soll darum nicht gering geschätzt werden und ist vielmehr jedes Lobes wert. *P.*

Handbuch der Elektrizität und des Magnetismus. In 5 Bänden. Bearbeitet von einer größeren Zahl von Gelehrten, herausgegeben von L. Graetz. Erschienen bis jetzt Bd. I, Lief. 1 (156 S.) und Bd. II, Lief. 1 (336 S.). Leipzig, J. A. Barth, 1912.

Die Schwierigkeit, ein ausführliches und deshalb umfangreiches Handbuch der Physik auf dem laufenden zu halten, ist außerordentlich groß. Da dies ganz besonders für das Gebiet der Elektrizität gilt, ist das Erscheinen des obigen Werkes sehr erfreulich. Es kann nach Ausstattung und äußerer Anlage als eine erweiterte Neubearbeitung des elektrischen Teils des bekannten Winkelmannschen Handbuchs gelten; dieser Teil war in den Jahren 1903—1908 erschienen, während nunmehr die Literatur bis 1911 berücksichtigt ist. Die Mitarbeiter des neuen Werkes sind allerdings durchweg andere Gelehrte, bis auf Auerbach-Jena und den Herausgeber selbst. Von den beiden vorliegenden Teilen bringt der erstere: „Die Reibungselektrizität“ von L. Graetz, „Elektrisiermaschinen und Apparate“ (nämlich Elektrisierapparate wie Elektrophore, Multiplikatoren) von H. W. Schmidt und „Elektrostatische Meßapparate und Messung elektrostatischer Größen“ von P. Cermak. Naturgemäß haben die beiden letzteren Autoren ihre Aufgabe dahin aufgefaßt, daß sie eine tunlichst vollständige Instrumentenkunde der betreffenden Gebiete gaben. Es fehlen also nicht die Wommelsdorfschen Influenzmaschinen, veränderliche Kondensatoren von Gerdien und Koepsel, Preßluftkondensatoren von Wien, Fadenelektrometer von Wiechert und Wulf, die Binantenelektrometer und die technischen Hochspannungselektrometer nach dem Prinzip der Wage. Geeignete Tabellen gestatten einen Vergleich der Leistungen der verschiedenen Instrumente, z. B. der Stromstärke oder des Wirkungsgrades der Influenzmaschinen.

Nur kurz, aber von besonderem Interesse ist das einleitende Kapitel von Graetz. Es beschäftigt sich, abgesehen von einer knappen

historischen Übersicht und einer am Schluß etwas unvermittelt beigefügten Beschreibung der Methoden zur Darstellung elektrischer Kraftlinien, mit den quantitativen Gesetzen der Entwicklung von Elektrizität durch Reibung. Hier werden die Versuche von Rieß und Riecke eingehend gewürdigt, wobei sich freilich zeigt, daß wir von einer befriedigenden Theorie dieses elementaren Vorgangs weit entfernt sind. Im Anschluß hieran wird die Frage des Zusammenhangs zwischen Reibungs- und Kontaktelektrizität erörtert.

Auch die Einleitung des zweiten Bandes wird durch eine theoretische Darstellung gegeben, nämlich durch einen Artikel von Auerbach, „Stationäre elektrische Ströme". Da derselbe Verf. diesen Gegenstand auch im Winkelmannschen Handbuch bearbeitet hat, ist ein Vergleich gestattet; er zeigt schon äußerlich, daß die vorliegende Bearbeitung erheblich umfangreicher ist (etwa 120 Seiten. früher 40). Dies erklärt sich vorwiegend durch ein tieferes Eingehen auf die theoretischen Anschauungen über das Wesen des Stromes. Hier werden nebeneinandergestellt die Fluidumstheorie, die freilich bei den Begründern der Gesetze des Stroms, Ohm und Kirchhoff, nur mit ihren allernotwendigsten Bestandteilen und in rein formaler Weise herangezogen wird; ferner die Maxwell-Hertzsche Feldtheorie und drittens die Lorentzsche Elektronentheorie. Im Anschluß an Richarz wird darauf hingewiesen, daß diese beiden modernen Theorien einander nicht ausschließen.

Über das Gebiet des stationären Stromes hinausgehend, behandelt der Verf. auch die Theorie der Einschaltvorgänge. Hier werden besonders die schönen neuen Arbeiten von K. Wagner berücksichtigt. Ausführlich behandelt sind Stromverzweigung (auch die relativ unwichtige Schaltung von Elementen), Ströme in flächenhaften und körperlichen Leitern.

Ein Beitrag über „Meßapparate und Meßmethoden" von W. Jaeger bildet den Hauptteil dieser ersten Hälfte des zweiten Bandes. Ähnlich wie bei Schmidt und Cermak findet sich auch hier eine eingehende Beschreibung aller wichtigen Instrumente. Die Darstellung und der Vergleich der verschiedenen Meßmethoden läßt sowohl bei der wissenschaftlichen Begründung wie in bezug auf praktische Ratschläge die besondere Erfahrung erkennen, die der Verfasser auf diesem Gebiete besitzt. *Spies.*

Die Physik der Röntgenstrahlen. Von Robert Pohl. (Die Wissenschaft, Heft 45, VI und 163 S.) Braunschweig, F. Vieweg & Sohn, 1912. 5,— M, in Leinw. 5,80 M.

Der auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen und der Elektrizität wohlbekannte Verfasser hat sich hier der dankenswerten Aufgabe unterzogen, die Physik der Röntgenstrahlen im Zusammenhang darzustellen. Nach zwei allgemeinen Kapiteln wird die gerichtete Röntgenstrahlung, die Sekundärstrahlung, die Absorption, die Ionisation behandelt. Hieran schließt sich eine Darstellung des neuesten Zweiges der Röntgenphysik: die kürzlich von Friedrich und Knipping entdeckten Beugungsphänomene an von Röntgenstrahlen durchsetzten Kristallplatten, zu denen eine Idee Laues geführt hat, und die im Sinne einer elektromagnetischen, kurzwelligen Strahlung analog der Beugung und Interferenz des Lichts an Raumgittern gedeutet werden. Der Gebrauch des Buches wird durch beigefügte Register sehr erleichtert.

E. Gehrcke.

A. Potier, Mémoires sur l'électricité et l'optique. Publiés et annotés par A. Blondel. Avec un préface de Henri Poincaré. XX u. 330 S. Paris, Gauthier-Villars, 1912.

Die in diesem Bande zusammengefaßten Abhandlungen Potiers betreffen theoretische Elektrizitätslehre, Elektrotechnik und Optik. Am Schluß ist eine Zusammenstellung sämtlicher Publikationen Potiers gegeben, auch derjenigen über Thermodynamik und Geologie.

E. Gehrcke.

Theorie der Planetenbewegung. Von Dr. Paul Meth. Math. Bibl. VIII, Leipzig, B. G. Teubner. 60 S. Geh M. 0,80.

Die Grundbegriffe der Mechanik, besonders die Zusammensetzung von Geschwindigkeiten und Beschleunigungen, werden nach dem Verfahren von Möbius behandelt, der in der Mechanik des Himmels den Vektorbegriff zugrunde legte und ihn sogar bis zu dem Keim des später von Hamilton benannten Hodographen ausbildete. Die Parallelogramme der bekannten Girlanden für die Wurflinie erscheinen dann auf Dreiecke reduziert. Wie man aus einer gegebenen Bewegung eines Punktes auf den Beschleunigungs-Vektor schließen kann, wird mit Möbiusschen Figuren für die gleichförmige Kreisbewegung gezeigt; für Bewegungen unter Einfluß einer Zentralkraft wird der Flächensatz bewiesen. Da man die Bewegung in eine radiale und eine dazu

senkrechte zerlegen könne, so sei die Zentralkraft $= d^2r/dt^2 - r(d\varphi/dt)^2$. Man kann nun wohl die Geschwindigkeit in einem ersten Punkt P_1 und in einem späteren Punkt P_2 in der Richtung des Radius und senkrecht dazu zerlegen. Will man aber hieraus auf die Beschleunigungen schließen, so muß man beachten, daß die radialen Geschwindigkeiten in P_1 und in P_2 nicht algebraisch, sondern geometrisch zu subtrahieren sind, da sie verschiedene Richtungen haben. Auch die zum Radius senkrechten Komponenten in P_1 und in P_2 verhalten sich nicht so einfach wie bei der gleichförmigen Kreisbewegung, denn der Radius und die Winkelgeschwindigkeit haben sich geändert[1]). Dagegen leitet Möbius die Formel mittels seiner Epizykloidenbewegung in eigentümlicher Weise einwandfrei ab.

Sehr ausführlich wird auf 8 Seiten die Zeitrechnung erörtert und die Zeitgleichung mit ihren Komponenten graphisch auf Koordinatenpapier dargestellt. Diese Figur ist technisch nicht sehr gelungen. Die Zeitgleichungskurve, die erst rot dargestellt werden sollte, ist durch Signaturen angedeutet, die wenig hervortreten. Man findet nur die Hauptdaten, keinen fortlaufenden Kalender längs der Abszissenachse. Der Verfasser hätte eine solche Figur schon in Rud. Wolfs Astronomie, Nr. 494, ferner alljährlich in der Sternkarte dieser Zeitschrift finden können. Daß die äußersten Werte der Zeitgleichung dem absoluten Werte nach etwas voneinander abweichen, wird daraus erklärt, daß wegen der ungleichen Länge von Sommer und Winter die Wellenlinie der einen Komponente etwas unsymmetrisch wird.

Die Kraft, die einen Planeten in seiner Bahn erhält, wird mittels des oben erwähnten Ausdrucks $R = r'' - r\varphi'^2$ durch regelrechtes Differentiieren aus der Ellipsen-Gleichung mit Hinzuziehung des Flächensatzes gefunden.

Uns würde eine geometrische Ableitung, die alles an Figuren zeigt (z. B. in Maxwell, *Matter and motion*), viel wertvoller erscheinen.

Die Aufgabe der Bahnbestimmung aus wenigen Beobachtungen wird unter Hinweis auf Gauß *Theoria motus* erklärt. Die Korrektur des dritten Keplerschen Gesetzes durch das Newtonsche ist durch Anwendungen erläutert; von der Anziehung einer Kugel wird nur berichtet, wie groß sie Newton gefunden hat, während bei Möbius und Maxwell schöne geometrische Ableitungen stehen. Es folgen Andeutungen über Erhaltung des Schwerpunkts, Doppelsterne, Perturbationen von Planeten und Monden.

Nach diesem Überblick über den Inhalt muß aber noch eine Bemerkung zu den Grundlagen gemacht werden. Möbius nimmt wie Bohnenberger und Schellbach statt der stetig wirkenden Kraft einzelne Stöße an, die plötzlich in Punkten erfolgen, dazu passen die Figuren, wo geradlinige Strecken eine gebrochene Linie zusammensetzen. Was aber hier zu denselben Figuren bemerkt wird, ist unbestimmt und unverständlich. Es ist nicht gestattet, bei solchen geradlinigen Figuren von beständiger Beschleunigung zu sprechen. Mit einer solchen entstehen etwa Parabelbogen, die eine andere Annäherung an die Bahnkurve darstellen, an sich ebenso berechtigt wie jene erste.

Für eine Neuauflage würden wir wünschen, daß für den ersten Teil größerer Anschluß an Möbius gesucht würde. Eine Äußerlichkeit betrifft die abweichende Schreibart der Namen Tycho Brahe, Huygens, die jetzt in dieser Form für richtig gehalten wird. *Koppe.*

Zu der vorstehenden Besprechung möchte ich hinzufügen, daß in dem besprochenen Buche die krummlinige Bewegung in der bekannten Art als Grenzfall einer Bewegungsform behandelt wird, die aus kleinen geradlinigen Abschnitten zusammengesetzt ist, deren jeder mit gleichförmiger Geschwindigkeit zurückgelegt wird. Man hat bei diesem Verfahren die Bescheunigung als gleichförmige Geschwindigkeit aufzufassen, die in jedem Abschnitt zu der schon vorhandenen hinzutritt. Wenn man das beachtet, so kann man auch keine Parabelbogen erhalten, wie der Referent will, ändern sich ja doch Beschleunigung und Geschwindigkeit sprunghaft, wie im Text zu der betreffenden Figur hervorgehoben wird, um „Unklarheiten" nicht erst aufkommen zu lassen.

Die im Anfang der Besprechung beanstandete Ableitung der Zentralkraft findet sich bei Möbius a. a. O. § 37 hinter der Epizykeltheorie als ein selbständiger Beweis, der keine Stütze in der Epizykeltheorie braucht. *P. Meth.*

Einführung in die Mathematik für Biologen und Chemiker von Prof. Dr. Leonor Michaelis, Privatdozent an der Universität Berlin. Mit 96 Textfiguren. Berlin 1912. Verlag von Julius Springer. VIII und 254 S. Geb. M 7,80.

An guten Büchern, die die Chemiestudierenden in die Mathematik einführe

[1]) Näheres hierüber s. diese Zeitschr. **10**, 16, Coriolische Kraft.

sollen, mangelt es zurzeit nicht mehr; auch ist ein deutlicher Fortschritt gegen früher zu verspüren. Hingegen sind mathematische Kenntnisse bei den meist von der Medizin ausgehenden Biologen in der Regel noch recht selten. Diesem Übelstand soll das vorliegende Buch abhelfen.

Der Verf. stellt auf den ersten 50 Seiten die wichtigsten Formeln der elementaren Mathematik zusammen, mit ganz kurzen Beweisen und wenigen Anwendungen; er schließt etwas analytische Geometrie und, was entschieden wichtiger ist, Funktionentheorie an. Die Zweckmäßigkeit dieser gedrängten Übersicht der Pensen von Quarta bis Prima will dem Referenten nicht recht einleuchten. Dazu ist zu viel Ballast mit aufgeführt und sind zu wenig praktische Anwendungen eingeflochten; die Nützlichkeit der analytischen Geometrie für Chemiker und Biologen bezweifelt der Referent nach seiner eigenen Lehr- und Laboratoriumserfahrung. Etwas zu wenig Beispiele sind auch in die weiteren Kapitel (Differential- und Integralrechnung, Mac Laurinsche und Taylorsche Reihen, Differentialgleichungen) eingewebt. Handliche Z a h l e n beispiele aus dem Praktikum sind gerade bei der als zu hoch und trocken verschrienen Mathematik unumgänglich nötig und leicht zu beschaffen. In fast allen Fällen begnügt sich der Verf. mit einer kurzen Erwähnung, wo eine wenige Zeilen umfassende Zahlentabelle dem Praktiker mehr hilft als der schönste Beweis der Formel: Kalorimetrie, Reaktionskinetik, Radiochemie liefern so leicht zu beschaffende und so einleuchtende Zahlen beispiele!

Das Buch ist in seinen rein mathematischen Teilen gut, Druck und Figuren sind vorzüglich, die Entwicklung der Begriffe und die Ableitungen lassen nicht das Geringste zu wünschen übrig.

So wäre nach der Meinung des Referenten durch eine Umarbeitung nach der praktischen Seite hin, vielleicht auf Kosten der Formelsammlung zu Anfang, ein sehr nützliches Kompendium daraus zu machen, besonders da alles Aktuelle behandelt wird, so die Ableitung des Nernstschen Wärmetheorems! Aber mehr Zahlen, weniger Formeln!

W. Roth, Greifswald.

Lehrbuch der Mathematik für Studierende der Naturwissenschaften und der Technik. Einführung in die Differential- und Integralrechnung und in die analytische Geometrie von Dr. G e o r g S c h e f f e r s, Professor der darstellenden Geometrie an der Technischen Hochschule Berlin-Charlottenburg. Zweite verbesserte Auflage. Mit 413 Figuren. Leipzig, Veit & Co. 1911. VIII und 732 S. M. 18,—.

Die erste Auflage des trefflichen Buches ist (diese Zeitschr. *XX, 268; 1907*) eingehend besprochen worden, so daß der Hinweis genügt, daß die neue Auflage zahlreiche Ergänzungen und Verbesserungen im Text und Register sowie an Figuren enthält. Doch kann der Referent es sich nicht versagen, den damals ausgesprochenen Wunsch nach Vermehrung der Beispiele aus der Chemie zu wiederholen. Es gibt dort genug interessante und instruktive Fälle, die mit nur wenig begleitendem Text zu handlichen und einleuchtenden Anwendungen der Formeln ausgearbeitet werden können.

Das würde den Chemikern das Buch näher bringen und den anderen Naturwissenschaftlern zeigen, daß die Chemie nicht nur eine deskriptive, präparative und analytische Wissenschaft ist, wie man nach manchen „großen“ Vorlesungen, aus denen die Nichtchemiker ja fast ausschließlich ihre Kenntnisse beziehen, annehmen könnte.

W. Roth, Greifswald.

Die Existenz der Moleküle. Experimentelle Studien von T h e S v e d b e r g, Professor an der Universität Upsala. Mit 4 Tafeln und 76 Abbildungen im Text. Leipzig 1912. Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H. VI und 244 S. M 12,—.

Eine Zeit schien es, als wollte die abstrakte Thermodynamik, die Ostwald und Wald bei ihren Überlegungen führte, die selbst in den schwierigsten stereochemischen Fragen nicht versagende Atomtheorie als zu materialistisch aus dem Unterricht verdrängen. Aber heut, nach wenigen Jahren, ist sie noch allgemeiner anerkannt als früher und gilt als „bewiesen“. Eine Theorie kann zwar nicht bewiesen werden aber Svedberg, der sich von allen modernen Forschern am meisten und erfolgreichsten mit der Atomtheorie beschäftigt hat, schildert die tatsächliche Lage des Problems treffend folgendermaßen: Sobald eine Erscheinung vorliegt, die in keiner anderen Weise als durch die Annahme, daß die Materie aus kleinen diskreten Teilchen aufgebaut ist, in Zusammenhang mit unserem naturwissenschaftlichen Weltbilde zu bringen wäre, so ist damit auch ein Experimentalbeweis für die Existenz der Molekeln erbracht worden

Solche Tatsachen — altbekannte wie die Brownsche Molekularbewegung und neue

aus dem Gebiet der Kolloidchemie und der Radiochemie — gibt es nun zahlreiche. Svedberg beschreibt sie in diesem Buch, meist nach eigenen Versuchen. Feinste Experimentaltechnik, größte Sorgfalt beim Aufspüren und Vermeiden von Fehlerquellen, geht mit vollkommener Beherrschung des mathematischen Handwerkszeuges Hand in Hand. Das Buch ist, trotzdem es auf minutiöse Kleinigkeiten eingeht, anregend geschrieben; nur mitunter merkt man, daß die Muttersprache des Forschers Schwedisch ist. Die Spuren hiervon lassen sich bei einer neuen Auflage leicht entfernen. Mit besonderem Lob seien die genauen Literaturangaben und bei schwer zugänglichen Arbeiten die ausführlichen Auszüge hervorgehoben.

Das Buch geht natürlich tief in die Kolloidchemie ein. Für weniger orientierte Interessenten sei darum bei dieser Gelegenheit noch nachträglich das im selben Verlag erschienene Buch von Herbert Freundlich: Kapillarchemie (Eine Darstellung der Chemie der Kolloide und verwandter Gebiete) warm empfohlen. *W. Roth, Greifswald.*

Grundriß der Experimentalphysik für höhere Lehranstalten nach dem ministeriellen Lehrplan bearbeitet. Von Dr. Wilhelm Donle, o. Prof. d. Physik an der Königl. Bayr. Artillerie- und Ingenieur-Schule und Privatdozent an der Universität München. 4. verbesserte Auflage. Mit 294 in den Text gedruckten Figuren, 312 Aufgaben und zahlreichen Übungen für das Schülerpraktikum. Stuttgart, Fr. Grub, 1912. 286 S. Geb. M 3,—.

Die Lehrstoffanordnung dieses Grundrisses entspricht dem Lehrprogramm, das für den Physikunterricht in der 7. und 8. Klasse der humanistischen Gymnasien Bayerns vorgeschrieben ist. Gegenüber der 3. Auflage zeigt es einige Änderungen; die historischen Notizen wurden vermehrt und einige neue Aufgaben über Zerlegung und Zusammensetzung der Kräfte, über den Schwerpunkt und das spezifische Gewicht eingefügt. Die bedeutungvollste Änderung ist jedoch die Aufnahme einer größeren Anzahl von Aufgaben für das Schülerpraktikum. Die Formulierung dieser Aufgaben in ihrer präzisen Kürze und doch erschöpfenden Angabe der Versuchsbedingungen ist mustergültig; überall ist auf eine Erledigung der Versuche mit einfachen Hilfsmitteln Bedacht genommen. Lehrer, die nach „Schülerübungen in gleicher Front“ suchen, werden hier eine reiche Auswahl finden. *W. Bahrdt.*

Naturlehre für die Schule in Versuchen und Ergebnissen. Ein Lehr- und Lernbuch für Volks-, Mittel- und höhere Mädchenschulen. Von J. F. Herding, Leiter des chem. Laboratoriums für Lehrer in Hamburg. Stuttgart, Franckhsche Verlagshandlung. 304 S. Preis geb. M 1,85.

Das vorliegende Buch unterscheidet sich von den meisten Physik- und Chemiebüchern dadurch, daß es nicht wie diese in erster Linie ein zusammengetragenes Material an Tatsachen, Gesetzen und deren Anwendungen gibt, sondern daß es den Versuch überall in den Vordergrund stellt und erst in zweiter Linie das Ergebnis des Versuches bringt. Von Anfang bis zu Ende dieses Buches ist das der Beschreibung zugrundegelegte Schema: 1. Versuch; 2. Ergebnis. Durch diese scharfe Trennung erreicht Herding in der Tat große Klarheit und Lebendigkeit des Arbeitsganges bei der Erwerbung naturwissenschaftlicher Kenntnisse. Bei den einzelnen Versuchen ist das Hauptgewicht auf die Einfachheit der Versuchsmittel gelegt, so daß die Schüler eine große Anzahl derselben zu Hause wiederholen können. Zahlreiche Abbildungen erläutern die Versuchsanordnungen. Der beste Teil des Buches ist der Abschnitt über Chemie. Aus den hier niedergelegten Erfahrungen des Verfassers, der seit Jahren die staatlichen Lehrerübungskurse für Chemie zu Hamburg leitet, werden wohl alle Leser Anregungen schöpfen. Der physikalische Teil enthält neben vielem Guten auch manche Schwächen. Wenn man auch die oben skizzierte, eigenartige Anlage des Buches im Prinzip für empfehlenswert hält, so läßt sich doch nicht leugnen, daß an einigen Stellen, besonders am Anfang des physikalischen Lehrganges, die Darstellung nicht immer gutgeheißen werden kann. Gleich der erste Versuch des Buches, der den Begriff des Aggregatzustandes erläutern soll, ist hierfür ein Beispiel. Es heißt in dem Buche:

„Versuch. Lege in eine Glasschale einen Holzklotz! Gieße in eine andere Glasschale Wasser!

Ergebnis. Der Holzklotz besitzt eine selbständige Gestalt, die sich beim Hineinlegen in die Glasschale nicht ändert; das Wasser verteilt sich und bedeckt den ganzen Boden. — Nach ihrer äußeren Erscheinung teilt man die Körper in feste, flüssige und luftförmige ein. Diese Zustände nennt man Aggregatzustände. — Die festen Körper haben eine selbständige Gestalt, die flüssigen nicht; sie nehmen die Gestalt des Gefäßes an, worin sie sich befinden.“

Der Verfasser macht hier, wie auch noch an anderen Stellen, den Fehler, mittels eines scheinbar induktiven Schlusses ein Ergebnis aus einem Vorgang herzuleiten, welches ein Beobachter, der ohne Voreingenommenheit den Versuch betrachtet, unmöglich erschließen würde. Das Buch würde zweifellos gewinnen, wenn der Verfasser bei einer ev. Neuauflage sich entschließen würde, eine Anzahl derartiger Versuche nebst ihren sogenannten „Ergebnissen" zu streichen. Im übrigen verdient das Buch wegen der reichen Anzahl guter Versuche und des äußerst niedrigen Preises von 1,85 M weite Verbreitung.

W. Bahrdt.

Physikalisches Experimentierbuch. II. (Schluß-) Teil. Anleitung zum selbständigen Experimentieren für mittlere und reife Schüler. Von H. Rebenstorff, Prof. in Dresden. Mit 87 Abbildungen im Text. B. G. Teubner 1912. 178 S. M. 3,—.

Während der im Jahre 1911 herausgegebene I. Band eine Anzahl leicht anzustellender Versuche für Knaben, die noch gar keinen oder nur wenig Physikunterricht in der Schule genossen haben. darbietet, macht dieser II. Band hinsichtlich der Reife der experimentierenden Schüler bereits etwas größere Ansprüche; hier wird schon mancherlei aus dem Anfangsunterricht der Physik als bekannt vorausgesetzt. Da in einem „Experimentierbuche" die Beschreibung der Versuche in den Vordergrund gerückt ist, so wird der experimentierende Knabe, um die theoretischen Dinge sich klarzumachen, häufig in die Lage versetzt werden, die betreffenden Abschnitte in einem Lehrbuche der Physik nachzulesen.

Die beschriebenen Versuche behandeln auch in diesem II. Bande alle Hauptgebiete der Physik. Meist erfordern sie nur eine geringe Handfertigkeit. Einige der Versuche sind noch wenig bekannt. Unter diesen hat dem Referenten eine einfache Methode besonders gefallen, mit der der Verfasser kleine Gesichtswinkel mißt. Da diese Methode bei praktischen, trigonometrischen Messungen, bei Geländeaufnahmen und ähnlichen Arbeiten sehr wohl verwendet werden kann, und zwar von allen Schülern in „gleicher Front", so sei sie hier kurz mitgeteilt: Ein Zentimetermaßstab wird mit ausgestrecktem Arme in die Richtung des zu messenden Gegenstandes, aber quer zu dieser Richtung, gehalten, so daß der Abstand zwischen Auge und Lineal 57,3 cm beträgt. Diesen Abstand findet man mittels eines Bindfadens von 57,3 cm Länge, der einerseits am Lineal befestigt ist, andererseits zwischen den Figuren gehalten und bis an das Auge des Beobachters geführt wird. Die betreffende Armhaltung ist dann für die Verwendung des Zentimetermaßes einzuprägen, wenn man es nicht vorzieht, bei jeder einzelnen Messung wieder den Abstand 57,3 cm durch den Bindfaden zu kontrollieren. Für einen Erwachsenen ist der Abstand zwischen dem in der Hand gehaltenen Maßstab und dem Auge bei ausgestrecktem Arme nahezu gleich dieser Strecke. Es kommt dann auf je einen Zentimeter der Teilung ein Grad des Gesichtswinkels.

Daß derartige einfache Versuche, die leicht anzustellen sind und auch nicht allzuviel Zeit in Anspruch nehmen, dem nachdenklichen Knaben nicht nur viel Freude machen, sondern ihm auch wertvolle Erfahrungen übermitteln, die, aus eigner Kraft gemacht, lange lebendig zu bleiben pflegen und seine Urteilskraft über physikalische und andere Naturerscheinungen erzieherisch beeinflussen, weiß jeder Kenner der Jugend. Das Rebenstorffsche Buch ist, weil es den Knaben eine Fülle derartiger Anregungen bietet, aufs wärmste zu empfehlen.

W. Bahrdt.

Untersuchungen über die Bildungsverhältnisse der ozeanischen Salzablagerungen, insbesondere des Staßfurter Salzlagers. Von J. H. van 't Hoff (und 29 Mitarbeitern). Herausgegeben von Prof. Dr. H. Precht in Neustaßfurt und Prof. Dr. E. Cohen in Utrecht. Mit einer Gedächtnisrede auf van 't Hoff von Emil Fischer, Exz. Mit 8 Tafeln und 39 Textabbildungen. Leipzig, 1912. Akad. Verlagsges. m. b. H. XX u. 374 S.

Die vorliegenden Untersuchungen stellen die größte experimentelle Arbeit van 't Hoffs dar. Unternommen wurde sie mit finanzieller Unterstützung der Kgl. Preußischen Akademie der Wissenschaften und unter Mitwirkung einer größeren Reihe von bei den Einzelarbeiten genannten Mitarbeitern, von denen in erster Linie W. Meyerhoffer zu nennen ist. Die Resultate sind niedergelegt in 52 Abhandlungen der Akademie, und diese sind uns hier zugänglich gemacht. Es handelt sich bei den Untersuchungen um das Problem, die Entstehungsgeschichte, die Bildungsbedingungen der landwirtschaftlich so hochwichtigen Staßfurter Salzablagerungen, insbesondere der Kalisalze, klarzulegen, also zunächst die Gleichgewichtsverhältnisse der neben Kochsalz im Meerwasser vorkommenden Hauptbestandteile erst für sich allein und

dann im Verein mit Kochsalz und weiterhin mit den Calciumverbindungen, und womöglich noch mit den nur in geringen Mengen auftretenden Körpern wie Borazit, Eisen- und Bromverbindungen usw. festzustellen, und zwar bei ganz bestimmt gewählten Temperaturen (die meisten Untersuchungen beziehen sich auf die Temperaturen von 25° und 83°); es handelt sich also um die Lösung einer Riesenaufgabe, von der sogar die vorliegende umfangreiche Arbeit, die van 't Hoff drei Jahre vor seinem Tode zu einem gewissen Abschluß brachte, auch nur ein Teil ist, gewissermaßen „das Fundament, das Erdgeschoß und der Dachstuhl" (nach den Worten der Herausgeber), und für deren Weiterführung, d. i. die Untersuchung der Bildungsbedingungen für weitere Temperaturen, van 't Hoff selbst noch gesorgt hat. Das Ziel dieser Aufgabe ist nicht nur in wissenschaftlicher, sondern auch in praktischer Hinsicht von größter Bedeutung. Die eigenartigen graphischen Darstellungen solcher komplexen Lösungsverhältnisse erregten schon beim Erscheinen einiger Vorresultate ein gewisses Aufsehen; hier sind die Verhältnisse auf 8 doppelfarbigen Tafeln graphisch dargelegt. Die Inangriffnahme wie die experimentelle, rechnerische und graphische Durchführung dieser so enorm umfangreichen und komplizierten Untersuchungen waren wohl überhaupt nur einem van 't Hoff möglich, in dem sich weitestgehendes chemisches und mathematisches Können so glücklich vereinten. Die Gedächtnisrede von Emil Fischer ist eine sehr willkommene Beigabe des Werkes, das in keiner fachwissenschaftlichen Bibliothek fehlen darf.

O.

Die chemischen Grundlehren nach Menge, Maß und Zeit. Von J. H. van 't Hoff. Mit 12 in den Text gedruckten Abbildungen und einem Vorwort von Ernst Cohen. Braunschweig, Vieweg & Sohn, 1912. X u. 91 S. Geh. M 4,—.

Das Buch nimmt schon deshalb eine besondere Stellung unter den Schriften des verewigten Forschers ein, als es seine letzte Arbeit ist, über deren Fertigstellung ihn der Tod ereilte. Der Inhalt ist der Niederschlag von gehaltenen Vorlesungen und schließt sich eng an des Verfassers Werk „Vorlesungen über theoretische und physikalische Chemie" an. Schon während seines Amsterdamer Aufenthaltes zeigte sich für den Verfasser, daß sich die Grundzüge der allgemeinen Chemie leicht faßlich anordnen lassen, falls diese in die vier Kapitel: „Qualität, Quantität, Volumen, Wärmeentwicklung und Affinität" gegliedert wird: in seiner freieren Berliner Tätigkeit zeigte sich ihm, daß diese Einteilung sich den Grundbegriffen „Qualität, Menge, Maß und Zeit auffällig anschließt, so daß sie im Grunde genommen auf dem Gramm-Zentimeter-Sekunden-System fußt. Für das vorliegende Werk entstand schließlich diese Einteilung: „Die Qualität; die Quantität; die Dimension; Quantität und Dimension: die Arbeit; die Zeit; Quantität und Zeit: die Reaktionsgeschwindigkeit; Dimension und Zeit: die Fortpflanzungsgeschwindigkeit; Quantität, Dimension und Zeit: die Arbeitsmaschinen." Auf die Unterabteilungen näher einzugehen, verbietet hier der Raum. Von diesen Hauptabschnitten fehlen nur die beiden letzten oder eigentlich nur der allerletzte, da da man in betreff des vorletzten Abschnitts die genaueren Ansichten des Verfassers in dem oben genannten Werk findet. So ist das vorliegende Werk zwar nicht ganz vollendet; aber was geboten wird. zeigt uns die klassische Arbeitsweise dieses genialen Forschers in besonderer Reife und Abgeklärtheit, so daß das Buch nicht nur eine wertvolle Ergänzung der übrigen Schriften des Verfassers darstellt, sondern durch die Klarheit der Definitionen, die sich gerade auch auf die Grundbegriffe erstrecken, auch für den Mittelschulunterricht von Bedeutung ist. *O. Ohmann.*

Die Valenzlehre. Ein Lehr- und Handbuch für Chemiker und Physiker. Von Prof. Dr. Hugo Kauffmann a. d. Techn. Hochschule in Stuttgart. Mit 29 Fig. Stuttgart, F. Enke, 1911. X u. 557 S. M 15,—.

In dem ersten Teile dieses großzügigen, die modernen Ansichten über die Valenz zusammenfassenden und erweiternden Werkes, der „Die formale Valenzlehre" betitelt ist, handelt es sich in erster Linie um die Ableitung der Strukturtheorie. Es werden hier die beiden Grundannahmen, die für die Aufstellung einer formalen Valenzlehre ausreichend sind, näher erörtert. Als „erste Hypothese" wird angesprochen: „Der Wasserstoff ist stets einwertig." Die „zweite Hypothese" betrifft hauptsächlich die Tatsachen der Isomerie, die für die Valenzlehre eine Art Rückgrat bildet, und ist dahin formuliert, daß „innerhalb der Moleküle die Atome in bestimmter Weise angeordnet sind, und daß die chemischen Eigenschaften eines Stoffes sich nach der im Molekül bestehenden Anordnung richten. Andere Anordnung heißt soviel wie anderer Stoff". Weiterhin werden die Be-

ziehungen zwischen Isomerie und Struktur, der Valenzwechsel (beim Stickstoff, Phosphor usw.) und die Valenz der Elemente behandelt. In diesem letzten Abschnitt finden sich die Valenzen aller einzelnen chemischen Elemente in acht Abteilungen, gemäß den acht Familien des periodischen Systems eingehend, in kritischer Sichtung besprochen, unter genauerer Berücksichtigung der Farbe der Ionen; hier sind auch die zahlreichen Literaturbelege, die jedoch in den anderen Teilen nicht etwa fehlen, rühmend hervorzuheben. Beiläufig sei erwähnt, daß beim Element Eisen die Auffassung des Oxydes Fe_3O_4 als Oxydulderivat des in der Natur als Göthit vorkommenden Hydroxydes O Fe-OH nicht erwähnt oder — vielleicht abgelehnt ist; das erwähnte Oxyd wird nur in der üblichen Weise als „eine Vereinigung des Oxyduls mit dem Oxyd“ aufgefaßt (S. 259) mit der Motivierung, daß es sich in Säuren zu einem Gemenge von Ferro- und Ferrisalz löst.

Den interessantesten Teil des wertvollen Buches bildet die zweite Abteilung: „Die allgemeine Valenzlehre.“ Hier wird eine Erweiterung der formalen Valenzlehre vorgenommen, deren Unzulänglichkeiten näher dargelegt werden: es wird weiterhin die wichtige Theorie von der „Teilbarkeit der Valenz“ unter Einführung der Begriffe der Valenzlinien und des Valenzfeldes entwickelt; hieran schließen sich die „Molekülverbindungen“, die „Optischen Eigenschaften und die Teilbarkeit der Valenz“, und als letzter Abschnitt „Die Valenzlehre auf Grundlage der Elektronentheorie“. Diese vorzüglich bearbeitete zweite Abteilung ist auch diejenige, in der der Verfasser am meisten von seinen eigenen Forschungen und Spekulationen bietet. Auf die Vereinfachungen, die als letztes Kapitel manche Anschauungen der Valenzlehre durch die Einführung der Elektronen erfahren, sei noch besonders hingewiesen; beispielsweise wird der Valenzwechsel zurückgeführt auf die verschiedenen Gleichgewichtslagen, in denen die Elektronen um ein Atom herum sich zusammenfinden können; eigenartige graphische Darstellungen unterstützen in diesem Abschnitt die Darstellung außerordentlich.

Diese Andeutungen über den Inhalt des Buches geben aber nur einen sehr unzulänglichen Begriff von seiner großen Reichhaltigkeit. Das Werk greift in die tiefsten Fragen der theoretischen Chemie ein und darf daher auf ein weitgehendes Interesse rechnen. Selbst für den Mittelschulunterricht, der sich im allgemeinen von Spekulationen fernzuhalten hat, ist es hinsichtlich mancher theoretischen Fragen von Bedeutung. Ein Punkt ist hier hervorhebenswert. Es hat etwas Verführerisches, für manche kompliziertere Verbindung eine Strukturformel, etwa auf Grund gegenseitiger Bindung der Atome eines multipel auftretenden Elementes, aufzustellen, und man begegnet öfters in Schullehrbüchern solchen mehr oder weniger willkürlichen Versuchen. Es ist anzuraten, hier mit mehr Vorsicht vorzugehen, und solche Aufstellungen erst einer Prüfung durch die Tatsachen und die wissenschaftlich haltbaren Theorien, etwa an der Hand des vorliegenden, die Schwierigkeiten und die Probleme allseitig beleuchtenden Werkes zu unterwerfen.

Das sich ebenso durch Vielseitigkeit wie durch Gründlichkeit auszeichnende Buch sei allgemeiner Beachtung empfohlen.

O. Ohmann.

Kurze Anleitung zur Maßanalyse. Von Dr. Ludwig Medicus. Prof. a. d. Universität Würzburg. 9. u. 10 verb. u. vermehrte Aufl. Tübingen, 1911, H. Laupp. XV u. 209 S. Geb. M 3,20.

Das Buch gibt unter Berücksichtigung der Vorschriften des Arzneibuches und mit stetem Hinblick auf die praktischen Anwendungen vorzügliche Anweisungen über alle wichtigen maßanalytischen Methoden. In den chemischen Schülerübungen dürfen einfache Aufgaben aus der Maßanalyse nicht mehr fehlen. Das Buch ist hier ein zuverlässiger Führer. Auch auf den Anhang, der u. a. eine Bestimmung des Kohlensäuregehaltes der Luft (nach Pettenkofer) sowie eine Untersuchung von Trink- und Gebrauchswasser enthält, sei lobend hingewiesen. *O.*

Anorganische Chemie. Einführung in die allgemeine und anorganische Chemie auf elementarer Grundlage. Von Prof. Dr. Alexander Smith a. d. Columbia-Universität in New York. 2. Aufl. Deutsche Bearbeitung von Dr. E. Stern, Karlsruhe i. B. G. Braus, 1913.

Das treffliche Buch wurde bereits in dieser Zeitschr. (*XXII. 269*) eingehend gewürdigt. Die neue Auflage ist nennenswert erweitert worden. Beispielsweise wurde das wichtige Kapitel Molekular- und Atomgewichte umgearbeitet; manche Abschnitte, z. B. der über Thor, Radium, Mesothorium, wurden teilweise neu geschrieben. Es ist interessant, zu beobachten, wie in den neueren Lehrbüchern der Raum, den die Behandlung der radio-

aktiven Stoffe einnimmt, immer größer wird. Auch der Mittelschulunterricht wird nicht umhin können, dieser Entwicklung, wenn auch mit Vorsicht, zu folgen. Das Buch sei von neuem angelegentlich empfohlen. *O.*

Städeler-Kolbes Leitfaden für die qualitative chemische Analyse. Neu bearbeitet von Prof. Dr. H. Abeljans a. d. Universität zu Zürich. 14. vermehrte Aufl. Zürich, Orell Füssli, 1912. 152 S.

Die Theorie der elektrolytischen Dissoziation hat besonders befruchtend auf die Auffassung der analytischen Reaktionen eingewirkt. Es gibt kaum noch ein Buch über qualitative Analyse, in dem ihr nicht der gebührende Einfluß eingeräumt ist. Der Hauptvorzug der neuen Bearbeitung des vorliegenden Leitfadens besteht darin, daß auch in ihm jetzt die Reaktionen im Sinne der Ionentheorie formuliert sind. Im übrigen wurde der Leitfaden bereits früher in dieser Zeitschr. (*XV, 188*) empfehlend besprochen. *O.*

Kurzes chemisches Praktikum. Von F. Arndt, Privatdoz. d. Chemie a. d. Universität Breslau. Leipzig, Veit & Co., 1912. 88 S. Geb. M 3,—.

Das für Mediziner und Landwirte bestimmte Praktikum berücksichtigt in erfreulichem Maße Grundtatsachen der allgemeinen Chemie, z. B. auch kolloidale Lösungen. Wenn es auch damit über den üblichen Rahmen der dem Mediziner zugemuteten praktischen Übungen hinausgeht, so ist doch diese Neuerung hinsichtlich der besseren Auffassung physiologischer Fragen durchaus gerechtfertigt. Weiterhin berücksichtigt das Buch die wichtigsten Säuren, Basen und Metallgruppen. Ein ganzes Drittel ist Versuchen aus der organischen Chemie gewidmet. Das Buch ist auch im Interesse des Schülerpraktikums zu empfehlen. *O.*

1913.
Internationale Atomgewichte.*)

Ag	Silber	107,88	He	Helium	3,99	Ra	Radium	226,4
Al	Aluminium . .	27,1	Hg	Quecksilber .	200,6	Rb	Rubidium . .	85,45
Ar	Argon	39,88	Ho	Holmium* . .	163,5	Rh	Rhodium . . .	102,9
As	Arsen	74,96	In	Indium	114,8	Ru	Ruthenium . .	101,7
Au	Gold	197,2	Ir	Iridium	193,1	S	Schwefel . . .	32,07
B	Bor	11,0	J	Jod	126,92	Sb	Antimon . . .	120,2
Ba	Barium	137,37	K	Kalium	39,10	Sc	Scandium . .	44,1
Be	Beryllium . .	9,1	Kr	Krypton . . .	82,92	Se	Selen	79,2
Bi	Wismut . . .	208,0	La	Lanthan . . .	139,0	Si	Silicium . . .	28,3
Br	Brom	79,92	Li	Lithium . . .	6,94	Sm	Samarium . .	150,4
C	Kohlenstoff .	12,00	Lu	Lutetium . . .	174,0	Sn	Zinn	119,0
Ca	Calcium . . .	40,07	Mg	Magnesium . .	24,32	Sr	Strontium . .	87,63
Cd	Cadmium . . .	112,40	Mn	Mangan . . .	54,93	Ta	Tantal	181,5
Ce	Cerium	140,25	Mo	Molybdän . .	96,0	Tb	Terbium . . .	159,2
Cl	Chlor	35,46	N	Stickstoff . . .	14,01	Te	Tellur	127,5
Co	Kobalt	58,97	Na	Natrium . . .	23,00	Th	Thor	232,4
Cr	Chrom	52,0	Nb	Niobium . . .	93,5	Ti	Titan	48,1
Cs	Caesium . . .	132,81	Nd	Neodym . . .	144,3	Tl	Thallium . . .	204,0
Cu	Kupfer	63,57	Ne	Neon	20,2	Tu	Thulium . . .	168,5
Dy	Dysprosium .	162,5	Ni	Nickel	58,68	U	Uran	238,5
Er	Erbium	167,7	Nt	Niton	222,4	V	Vanadium . .	51,0
Eu	Europium . .	152,0	O	Sauerstoff . .	16,00	W	Wolfram . . .	184,0
F	Fluor	19,0	Os	Osmium . . .	190,9	X	Xenon	130,2
Fe	Eisen	55,84	P	Phosphor . . .	31,04	Y	Yttrium . . .	89,0
Ga	Gallium . . .	69,9	Pb	Blei	207,10	Yb	Ytterbium . .	172,0
Gd	Gadolinium .	157,3	Pd	Palladium . .	106,7	Zn	Zink	65,37
Ge	Germanium .	72,5	Pr	Praseodym . .	140,6	Zr	Zirkonium . .	90,6
H	Wasserstoff .	1,008	Pt	Platin	195,2			

*) Die Tabelle kann von der Buchhandlung R. Friedländer & Sohn, Berlin NW. 6, Karlstr. 11, zum Preise von 20 Pf. pro Stück — bei Abnahme von 10 und mehr Exemplaren 10 Pf. pro Stück — bezogen werden.

Mitteilungen aus Werkstätten.

Halter für Probiergläser, Präparatenröhrchen usw.[1]).

Von F. & M. Lautenschläger, Berlin N. 39, Chausseestraße 92.

Die einfache Haltevorrichtung hat den Vorteil, daß in die federnde Klemme Röhren verschiedener Weite eingespannt werden können. Die Klemme dreht sich in einem Gelenk (s. Figur), so daß die Präparate von allen Seiten betrachtet werden können. Ganz besonders eignet sich der Halter zur Demonstration einzelner Präparate bei Vorlesungen und in Sammlungen. Für den Chemiker ist der kleine Halter besonders beim Abwägen von Flüssigkeiten und festen Substanzen zweckdienlich. Preis des Halters: Stück M —,35, 100 Stück M 30,—.

Man gebe bei der Bestellung an, ob die Halter für Gläser von 15—23 oder von 23—33 mm äußerem Durchmesser bestimmt sind. Der Preis ist der gleiche.

Preisverzeichnisse:

A. Krüß, Hamburg, Apparate für den physikalischen Unterricht und für Schülerübungen. Preisliste Nr. 8. Der Inhalt umfaßt hauptsächlich die von E. Grimsehl konstruierten Apparate.

Leppin & Masche, Berlin SO. Liste D 31, umfassend Meßinstrumente für Längen-, Raum-, Zeit- und Winkelmessung, Barometer, meteorologische Apparate.

Carl Warmbach, Loschwitz bei Dresden. Preisverzeichnis Nr. 4. Apparate für elektrische Schwingungen, drahtlose Telegraphie, Teslatversuche.

Korrespondenz.

Aufforderung betreffend Meldung von Unfällen.

Je mehr der physikalische und chemische Unterricht auf Unterrichtsversuche und Schülerübungen gegründet wird, um so mehr wird es zur Pflicht, die mit dem praktischen Arbeiten verknüpfte Möglichkeit von Unfällen soweit zu berücksichtigen, daß Schädigungen tunlichst vermieden werden. Der in dieser Zeitschrift (dieses Heft, S. 169) beschriebene Unfall mit flüssiger Luft zeigt, daß zu den bereits bekannten Unfallsmöglichkeiten gelegentlich noch neue hinzutreten können. Bisher wurden fast alle Unfälle bei Unterrichtsversuchen, falls sie nicht in die Tagespresse gelangten, nur in ganz engen Kreisen bekannt. Es ist jedoch ersichtlich von Wert, wenn nicht nur derartige neue Fälle, sondern auch Wiederholungsfälle bekannter Unfallstypen unter Angabe der begleitenden Umstände zu allgemeiner Kenntnis gebracht werden. Zweifellos kann dadurch manchem neuen Unfall vorgebeugt werden. Es soll daher von seiten dieser Zeitschrift eine solche Meldestelle errichtet werden, und es ergeht hiermit an alle Herren Fachkollegen im In- und Auslande die Aufforderung, alle bemerkenswerten Unfälle bei Schulversuchen und auch bei Schülerversuchen hier zur Meldung zu bringen und die Meldungen nach folgendem Schema einzurichten:

1. Ort und Name der Anstalt; Datum des Unfalles; Klassenstufe.
2. Angabe, ob der Unfall im Physik- oder im Chemie-Unterricht stattfand.
3. Kurze Angaben über die Art des Unfalles und über die Versuchsanordnung.
4. Vermutliche Ursache des Unfalles, evtl. nebst Ratschlägen zur Vorbeugung.
5. Angabe des Schadens, insbesondere etwaiger Verletzungen.

Alle Meldungen werden seitens der Zeitschrift registriert und als Material zu gelegentlichen statistischen Aufstellungen oder sonstigen Mitteilungen im Korrespondenzteile dieser Zeitschrift verwendet; andrerseits gelangt keine Meldung gegen den Wunsch des Einsenders hier einzeln zur Mitteilung; ferner kann auch je nach dem Wunsche des Einsenders nur die Sache hier mitgeteilt werden, Name des Einsenders und Ort der Anstalt aber ungenannt bleiben.

Die Zuschriften werden an die Redaktion dieser Zeitschrift, und zwar an die Adresse von Prof. O. Ohmann, Berlin-Pankow, Cavalierstr. 15, erbeten.

[1]) *Anmerkung d. Red.* Vgl. hierzu auch die „Ständerchen für Reagenzgläser“ nach H. Rebenstorff (Firma Gustav Müller in Ilmenau i. Th.).

Himmelserscheinungen im Juni und Juli 1913.

☿ Merkur, ♀ Venus, ☉ Sonne, ♂ Mars, ♃ Jupiter, ♄ Saturn, ☾ Mond, 0^h = Mitternacht.

		Juni						Juli						
		1	6	11	16	21	26	1	6	11	16	21	26	31
☿	AR	$4^h 32^m$	5.19	6. 5	6.48	7.27	8. 0	8.27	8.50	9. 6	9.16	9.19	9.14	9. 2
	D	+ 22°	+ 24°	+ 25°	+ 25°	+ 24°	+ 22°	+ 20°	+ 18°	+ 16°	+ 14°	+ 12°	+ 12°	+ 12°
♀	AR	$1^h 56^m$	2. 8	2.21	2.36	2.52	3. 9	3.27	3.47	4. 7	4.28	4.49	5.11	5.34
	D	+ 10°	+ 11	+ 11	+ 12	+ 13	+ 14	+ 15	+ 17	+ 18	+ 19	+ 20	+ 20	+ 21
☉	AR	$4^h 35^m$	4.56	5.16	5.37	5.58	6.19	6.39	7. 0	7.20	7.41	8. 1	8.21	8.40
	D	+ 22,0°	+ 22,6°	+ 23,1°	+ 23.3°	+ 23,5°	+ 23,4°	+ 23,1°	+ 22,7°	+ 22,2°	+ 21,4°	+ 20,5°	+ 19,5°	+ 18,4°
♂	AR	$1^h 10^m$	1.24	1.38	1.52	2. 6	2.20	2.34	2.48	3. 2	3.16	3.30	3.44	3.58
	D	+ 6°	+ 7	+ 9	+ 10	+ 11	+ 13	+ 14	+ 15	+ 16	+ 17	+ 18	+ 19	+ 20
♃	AR		19.11		19. 6		19. 1		18.56		18.50		18.45	
	D		− 22		− 23		− 23		− 23		− 23		− 23	
♄	AR	$4^h 26^m$						4.42						
	D	+ 20°						21						
☉	Aufg.	$3^h 46^m$	3.42	3.40	3.39	3.39	3.40	3.43	3.47	3.52	3.58	4. 4	4.11	4.19
	Unterg.	$20^h 10^m$	20.15	20.19	20.22	20.24	20.24	20.24	20.21	20.18	20.13	20. 7	20. 0	19.53
☾	Aufg.	$1^h 54^m$	4.15	11.24	18.39	22.57	23.52	0.46	6. 4	13.31	19.56	21.42	22.30	0.43
	Unterg.	$16^h 35^m$	22.46	0.20	1.24	5.38	11.49	18.16	22.12	23.14	1. 7	7.11	13.12	19,14
Sternzeit im mittl. Mittg.		$1^h 37^m 18^s$	4.57. 1	5.16.44	5.36.27	5.56. 9	6.15.52	6.35.35	6.55.18	7.15. 1	7.34.43	7.54.26	8.14. 9	8.33.52
Zeitgl.		$-2^m 28^s$	− 1.39	− 0.42	+ 0.20	+ 1.24	+ 2.29	+ 3.30	+ 4.26	+ 5.12	+ 5.48	+ 6.10	+ 6.19	+ 6.13

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.

Sommersanfang am 22. Juni $2^h 10^m$ M.E.Z.

Mondphasen in M.E.Z.	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
	Juni 4, $20^h 57^m$	Juni 11, $17^h 38^m$	Juni 18, $18^h 51^m$	Juni 26, $18^h 41^m$
	Juli 4, $6^h 7^m$	Juli 10, $22^h 38^m$	Juli 18, $7^h 7^m$	Juli 26, $10^h 59^m$

Planetensichtbarkeit	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn
im Juni	unsichtbar	morgens 3/4 bis 1 1/2 Stunden lang sichtbar	wird morgens im O sichtbar, zuletzt 3/4 Stunden lang	die ganze Nacht hindurch sichtbar	unsichtbar
im Juli	unsichtbar	die Sichtbarkeitsdauer wächst bis auf 2 3/4 Stunden	die Sichtbarkeitsdauer wächst bis auf 3 1/4 Stunden	die ganze Nacht hindurch sichtbar. Opposition am 5.	wird morgens im NO sichtbar, zuletzt bereits 2 1/2 Stunden lang

Verfinsterungen der Jupitertrabanten:

Am 8. Juni,	0^h 27,2^m	M.E.Z.	Eintritt des	I. Trabanten
- 11.	- 0 28,0	-	- -	II. -
- 23.	- 22 44,0	-	- -	I. -
- 26.	- 23 46,7	-	- -	IV. -
- 1. Juli,	0 38,2	-	- -	I. -
- 9.	- 23 14,5	-	Austritt -	I. -
- 24.	- 21 35,7	-	- -	III. -
- 25.	- 21 32,2	-	- -	I. -

F. Koerber.

Verlag von Julius Springer in Berlin W. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XXVI. Jahrgang. Viertes Heft. Juli 1913.

Neuere Anordnungen von Versuchen aus der Wärmelehre.

Von
Prof. Dr. **J. Precht.**
(Physikalisches Institut der Kgl. Technischen Hochschule Hannover.)

Die fast herkömmliche Unsicherheit kalorimetrischer Bestimmungen im Rahmen der physikalischen Laboratoriumsübungen wird bei den im folgenden beschriebenen Methoden erfolgreich beseitigt durch ausschließliche Verwendung von Leerraumgefäßen mit doppeltem Schutz gegen Strahlung und Leitung. Die bekannten Flaschen des Handels haben sich für den angegebenen Zweck in mehrjähriger Erfahrung vortrefflich bewährt, denn bei ihnen ist das innere Glasgefäß durch den äußeren, möglichst blank zu wählenden Metallmantel vor dem Zerbrechen geschützt, bekommt eine gute Standfestigkeit und ist zugleich noch vollkommener wärmeisoliert als die einfachen Dewargefäße. Bei den getroffenen Anordnungen sind in der Tat die Wärmeverluste an die Umgebung für die Dauer des Versuchs verschwindend gering: es ergibt sich eine feste Einstellung der Thermometer und damit eine große Sicherheit der Temperaturbestimmung. Jede unbequeme Korrektion wird daher entbehrlich, und die Grundlagen der Methoden treten um so klarer hervor.

Über die benutzten Thermometer seien ein paar Worte vorweg bemerkt. Sie sind verhältnismäßig kurz und haben Teilung in Zehntel-Grade. Volle Zehntel sind noch ohne Lupe bequem ablesbar. Empfiehlt sich — in Ausnahmefällen — genauere Bestimmung, so sind mit der Lupe Hundertstel zu erhalten. Je nach dem Verwendungszweck reicht die Teilung von 0 bis 30, von 0 bis 40 oder von + 20 bis + 55°. Zur Sicherung gegen Zerplatzen haben die Thermometer oben eine starke Erweiterung der Kapillaren, so daß Überhitzung bis über 100 Grad ohne Schaden ertragen wird. Genauere Ablesung als auf volle Zehntel ist natürlich meist zwecklos, weil längeres Hantieren mit dem Thermometer die Temperatur ändert. Man hat zu bedenken, daß bei den gewählten Anordnungen das Thermometer selbst die wesentliche Ursache des langsamen Wärmeverlustes oder der Wärmeaufnahme aus der Umgebung ist. Aus diesem Grunde sind die Thermometer recht kurz gehalten. Sie sollten nicht für längere Zeit weit aus dem Gefäß herausgezogen werden, selbst wenn das Quecksilbergefäß dabei eingetaucht bleibt, können indessen, am oberen Ende mit einem kurzen Stück Kautschukschlauch zum Anfassen versehen, zugleich als Rührer gebraucht werden. Metalldrahtrührer sind durchweg vermieden[1]).

1. Schmelzwärme von Eis.

Man benutzt zwei Leerraumflaschen von 500 ccm Inhalt, die eine (I) mit Thermometer 0 bis 30°, die andere (II) mit Thermometer 0 bis 40°. Die Flasche I wird leer und dann mit etwa 150 g Wasser aus der Wasserleitung gewogen. Temperatur t_1. In Flasche II füllt man angewärmtes Wasser von etwa 30 bis 40°. Das Anwärmen

[1]) Die Apparate sind in zweckentsprechender Ausführung von der Firma Dr. R. Hase, Hannover, Josefstr. 26, zu beziehen.

geschieht sehr bequem in der Flasche selbst durch Eintauchen eines elektrischen Heizers. Man wartet einige Minuten, bis die Temperatur konstant geworden ist $= t_2$, und schüttet dann schnell etwa 100 g Wasser in die Flasche I. Nach dem Übergießen liest man nochmals die Temperatur t_2 in Flasche II ab und nimmt das Mittel der beiden Ablesungen; sie unterscheiden sich durchschnittlich um $^1/_{10}$ Grad. Darauf wird in Flasche I umgerührt und die konstante Mischungstemperatur t_3 abgelesen. Eine neue Wägung der Flasche I liefert die genaue Menge des aus Flasche II hinzugeschütteten Wassers. Der Versuch gestattet, den Wasserwert W der Flasche I zu berechnen. Soll der gefundene Wasserwert für wiederholte Veruche verwendet werden, so ist natürlich der gleiche Füllungsgrad der Flasche wenigstens angenähert einzuhalten. Die angegebene Wahl der Temperaturen liefert ein t_3, das meist wenig höher liegt als die Zimmertemperatur. Das ist zwar für die Bestimmung des Wasserwertes nicht wichtig, hat aber den Vorteil, daß nun die Flasche I sofort für das Eisschmelzen benutzt werden kann; denn Gewicht und Temperatur des darin enthaltenen Wassers sind bekannt und von geeigneter Größe.

I II a b c

Fig. 1.

Nun bringt man in eine kleine Eispresse, bestehend aus einer starken Messingröhre mit abnehmbarem Boden und einem in der Röhre gleitenden Druckkolben (Fig. 1), fein zerschlagenes Eis und preßt es durch Schlagen mit einem Hammer zu einem klaren Eiszylinder zusammen. Wichtig ist, daß im Eis keine wassergefüllten Hohlräume bleiben; man muß auf die Herstellung eines guten Eiszylinders einige Sorgfalt verwenden. Der Zylinder wird auf Fließpapier vollständig abgetrocknet und dann schnell in die Flasche I geworfen, aus der man zu diesem Zweck das Thermometer für einen Augenblick heraushebt. Beim Rühren schmilzt das Eis sehr bald, und es stellt sich wieder eine feste Endtemperatur t_4 ein. Die Eismenge ergiebt sich aus einer zum Schluß ausgeführten Wägung.

Zu allen Wägungen, auch bei den folgenden Methoden, dient eine gute Kilo-Wage, die Zentigramme mit Sicherheit bestimmen läßt.

Die große Annehmlichkeit der Methode, welche die Schmelzwärme leicht auf 1% genau liefert, besteht darin, daß man sich wegen der Langsamkeit der Temperaturänderungen mit den einzelnen Messungen nicht im mindesten zu überstürzen braucht, was natürlich auch wenig geübten Händen die Ausführung sehr erleichtert.

Zahlenbeispiel:

(Alle gegebenen Zahlenbeispiele sind aus Arbeiten der Studierenden entnommen.)

I. Wasserwert.

Flasche I leer . . .	400,08 g	
Flasche I mit Wasser	620,88 g	
Wasser	220,80 g	von 11,5°,

dazu Wasser aus Flasche II von 31,6°. Mischungstemperatur 17,5°.

Wägung: 723,68 g
vorher: 620,88 g
102,80 g Wasser von 31,6° war hinzugefügt.

$$102{,}80\,(31{,}6 - 17{,}5) = (220{,}8 + W)\,(17{,}5 - 11{,}5)$$

$$W = \frac{102{,}80\,(31{,}6 - 17{,}5)}{17{,}5 - 11{,}5} - 220{,}8$$

$$W = 20{,}3 \text{ Kal./Grad}.$$

Der Wasserwert des eintauchenden Thermometerteils ist hierin schon mit enthalten.

II. Eisschmelzung.

In 323,6 g Wasser von 17,5° wird ein Eiszylinder geschmolzen. Temperatur nachher 12,8°.

Wägung: 741,58 g
vorher: 723,68 g
17,90 g Eis sind geschmolzen.

$$17{,}9\,(S + 12{,}8) = (323{,}6 + 20{,}3)\,(17{,}5 - 12{,}8)$$

$$S = \frac{(323{,}6 + 20{,}3)\,(17{,}5 - 12{,}8)}{17{,}9} - 12{,}8$$

$$S = 79{,}2 \text{ Kal./g}.$$

2. Spezifische Wärme durch Mischung.

Die Erwärmung erfolgt in einem elektrischen Heizer (Fig. 2), dessen Heizdraht auf Emailrohr gewickelt ist, wodurch eine sehr gleichmäßige Temperaturverteilung im Innern erreicht wird. Der Heizdraht ist außen von einer Asbesthülle und darüberliegendem Metallrohr umgeben. Vorschaltung eines Glühlampenwiderstandes mit Lampen zwischen 32 und 5 Kerzen erlaubt bei Anschluß an 110 Volt Temperaturen bis 300° in 12 Stufen einzustellen. Für die schnelle Erreichung einer festen Temperatur von etwa 150°, wie sie für den hier vorliegenden Zweck am meisten geeignet ist, empfiehlt sich die Zuschaltung eines regelbaren Drahtwiderstandes (Fig. 3). Der zu bestimmende Körper wird in Form eines muldenförmig ausgefeilten Zylinders mit einer geeigneten Fadenschlinge so am Quecksilbergefäß des Thermometers befestigt, daß er durch sein Gewicht die weite Schlinge schräg nach unten zieht. Knüpft man an den tiefsten Punkt der Schlinge einen durch den oberen Kork führenden Faden, so genügt ein kurzer Zug an diesem Faden, um den Körper nach Fortnehmen des unteren Korkes aus der Schlinge heraus in das Kalorimeter fallen zu lassen[1]). Die Temperaturangabe des 360°-Thermometers ist wegen des aus dem Heizer herausragenden Quecksilberfadens zu verbessern.

Fig. 2.

Das Kalorimeter (Fig. 3 rechts und im Schnitt Fig. 4) besteht aus einem weiten Leerraumgefäß mit Metalldeckel, in welches ein Aluminiumbecher, als eigentliches Kalorimetergefäß, mit Hilfe einer Gummiabdichtung eingesetzt ist. Auch hier hat der sehr vollkommene Wärmeschutz eine für lange Zeit feste Einstellung des Zehntel-Grad-Thermometers zur Folge, so daß alle Gangkorrektionen entbehrt werden können.

Als Versuchskörper werden vorzugsweise Wismut, Messing und Aluminium benutzt, Wismut und Aluminium als Beispiele für Körper mit besonders kleiner

[1]) Diese Art der Befestigung des zu bestimmenden Körpers ist schon von O. Richter (Zeitschr. f. Instr.-Kunde 32, 1912, 177) beschrieben.

und besonders großer spezifischer Wärme, Messing als Vertreter der technisch viel gebrauchten Metalle, deren spezifische Wärme von nahe gleicher Größenordnung ist.

a b c d e

Fig. 3.

Der Wasserwert des Kalorimeters kann natürlich durch einen Mischungsversuch bestimmt werden, indem man zu einer bekannten Wassermenge von bekannter Temperatur im Kalorimetergefäß eine geeignete Wassermenge von ebenfalls bekannter Temperatur aus einer andern Leerraumflasche hinzusetzt, wie unter 1 beschrieben. Bestimmung der Mischungstemperatur und Wägung des Kalorimetergefäßes zur Ermittlung der hinzugefügten Wassermenge liefert den Wasserwert.

Bei dem hohen Temperaturleitvermögen des Aluminiums und dem vorzüglichen Schutz gegen Wärmeabgabe durch Leitung und Strahlung, den das äußere Gefäß liefert, ergiebt sich indessen der Wasserwert ganz zuverlässig aus der einfachen Wägung des Aluminiumbechers und Multiplikation seiner Masse mit der spezifischen Wärme des Aluminiums. Schon aus pädagogischen Gründen wird man daher den Studierenden die Bestimmung der spezifischen Wärme des Aluminiums zuerst ausführen lassen, da dann der Mischungsversuch diese als einzige Unbekannte enthält. Der bestimmte Wert dient zur Berechnung des Wasserwerts für die Versuche mit Messing und Wismut.

Fig. 4.

Das Thermometer wird, wo es durch den Metalldeckel des äußeren Gefäßes hindurchgeht, mit einem Stück Kautschukschlauch überzogen, das zugleich zum Anfassen beim Umrühren dient. (Fig. 4 ist in diesem Punkt nicht ganz richtig.)

Zahlenbeispiel:

Spezifische Wärme von Aluminium.

	Gewicht	Temperatur
Erhitztes Aluminium	6,93 g	160,0°
Kalorimetergefäß (Al)	19,03 g	19,0°
Wasser im Kalorimeter	93,52 g	19,0°
Mischungstemperatur	—	21,1°

Berechnung:

$$6{,}93 \cdot C\,(160{,}0 - 21{,}1) = (19{,}03 \cdot C + 93{,}52)\,(21{,}1 - 19{,}0)$$

$$C = \frac{93{,}52\,(21{,}1 - 19{,}0)}{6{,}93\,(160{,}0 - 21{,}1) - 19{,}03\,(21{,}1 - 19{,}0)}$$

$$C = 0{,}213$$

Für den Wasserwert ergiebt sich demnach $19{,}03 \cdot 0{,}213 = 4{,}05$ Kal./Grad. Der Wasserwert des eintauchenden Thermometerteils ist hierbei vernachlässigt.

3. Spezifische Wärme durch Mischung und Wärmeersatz.

Eine interessante und im Laboratorium sehr beliebte Umgestaltung der Mischungsmethode ergibt sich, wenn man nach der Bestimmung der Mischungstemperatur so viel Wasser tieferer Temperatur in das Kalorimeter einfließen läßt, daß gerade die Ausgangstemperatur wieder erreicht wird. Man erspart dabei anfangs eine Wägung, da die Menge des im Kalorimeter vorhandenen Wassers nicht bekannt zu sein braucht, hat aber nach Beendigung des Versuchs eine Wägung auszuführen, um die Menge des Ersatzwassers zu kennen. Der besondere Vorzug der Methode ist, daß die Wasserwertsbestimmung vollkommen herausfällt; denn die ganze zugeführte Wärme wird durch die Wärmeaufnahme des zugetropften kalten Wassers ausgeglichen, so daß am Schluß des Versuchs das Kalorimeter genau wieder im Anfangszustand ist.

Für die Anordnung ist das Wesentliche die Aufstellung eines doppelwandigen, versilberten Leerraumtropfgefäßes (s. Fig. 5). Die Ausflußöffnung wird durch einen Glasstab mit übergeschobenem, sehr dünnem Kautschukstopfen von innen verschlossen gehalten. Das Tropfgefäß ist zweckmäßig mit dem elektrischen Heizer an demselben Bunsenstativ schwenkbar angeordnet. Nach Einfallen des Versuchskörpers und Ablesung der Mischungstemperatur kann dann der elektrische Heizer auf die Seite gedreht und das Tropfgefäß an seine Stelle gebracht werden.

a

b

Fig. 5.

Die Ausführung gestaltet sich im ganzen folgendermaßen: Der gewogene Versuchskörper wird im elektrischen Heizer auf beständige Temperatur gebracht (etwa 200°) und in der unter 2 beschriebenen Weise in das mit beliebiger Wassermenge von bekannter Temperatur gefüllte Kalorimetergefäß eingeführt. Man bestimmt die Mischungstemperatur. Darauf wird der Heizer zur Seite geschwenkt und das Tropfgefäß an seine Stelle gebracht. Im Tropfgefäß befindet sich Wasser-Eismischung, und die Ausflußröhre ist ebenfalls durch Einsenken in ein kleines Becherglas mit Wasser und Eis vorgekühlt. Das Becherglas wird gesenkt, und man läßt durch Anheben des

Glasstabes eine beliebige Wassermenge ausfließen. Dann haben sicher alle Teile null Grad. Das Becherglas wird beseitigt, und nun beginnt durch Eintropfenlassen von Wasser von 0° in das Kalorimeter (schwaches Anheben des Glasstabes mit dem Kautschukstopfen) der Wärmeausgleich im Kalorimeter. Bei geeigneter Wahl der Menge und Temperatur des Wassers im Kalorimeter kann im Tropfgefäß auch Wasser von Wasserleitungstemperatur mit Erfolg benutzt werden. Natürlich muß der Tropfer dann ein besonderes Thermometer enthalten. Das Eintropfen wird fortgesetzt, bis im Kalorimeter die Ausgangstemperatur wieder erreicht ist. Bei der geringen Geschwindigkeit der Temperaturänderung ist diese Einstellung mit voller Schärfe möglich. Wägung des Kalorimetergefäßes ergibt die Menge des Ausgleichwassers. Die Rechnung gestaltet sich ganz besonders einfach.

Zahlenbeispiel:

Spezifische Wärme von Wismut.

Gewicht des Wismuts	26,63 g
Erhitzungstemperatur	222,0°
Anfangstemperatur im Kalorimeter	17,0°
Mischungstemperatur	19,6°
Menge des Ausgleichwassers von 0°	9,2 g

Berechnung:

$$26{,}63 \cdot C\,(222{,}0 - 19{,}6) = 9{,}2\,(17{,}0 - 0)$$

$$C = \frac{9{,}2 \cdot 17{,}0}{26{,}63 \cdot 202{,}4}$$

$$C = 0{,}029$$

4. Spezifische Wärme von Flüssigkeiten.

I. Als Hilfsmittel sind erforderlich zwei einfache Leerraumflaschen von 500 g Inhalt und ein Wärmeträger (Kalorifere) (s. Fig. 6). Durch einen Mischungsversuch mit Wasser wird der Wasserwert der einen Leerraumflasche (Kalorimeterflasche) genau wie in Methode 1 ermittelt.

Der thermometerähnliche Wärmeträger, mit Marken bei 80° und 20°, wird im elektrischen Kochtopf auf 100° erhitzt, dann in die Kalorimeterflasche eingeführt, die eine bekannte Wassermenge (etwa 300 g) von bekannter Anfangstemperatur enthält. Man senkt in das Wasser ein in dem Augenblick, in dem der Quecksilberfaden durch die 80°-Marke geht, und bewegt im Wasser bis zur Abkühlung auf die 20°-Marke. Dann nimmt man nach Abtropfen den Wärmeträger heraus und bestimmt die Temperaturerhöhung aus der festen Einstellung des Kalorimeterthermometers (Skala von 0° bis 30°). Darauf wird die Kalorimeterflasche entleert, getrocknet, mit einer ähnlichen Menge der zu untersuchenden Flüssigkeit gefüllt (geeignet sind Petroleum, Paraffinöl, Alkohol usw.) und derselbe Abkühlungsversuch mit dem Wärmeträger wiederholt. Beobachtet wird wieder Anfangs- und Endtemperatur der Flüssigkeit. Die in beiden Fällen durch den Wärmeträger zugeführten Wärmemengen sind gleich.

Fig. 6.

Eine neuere Form des Wärmeträgers hat Marken bei 80° und 30°. Dann ist auch an heißen Sommertagen eine Vorkühlung der Ausgangsflüssigkeit unnötig.

Zahlenbeispiel:

Spezifische Wärme von Paraffinöl.

Wasserwert der Kalorimeterflasche	19,03 Kal./Grad
Gewicht des Wassers	203,15 g
Anfangstemperatur	17,2°
Endtemperatur	20,0°
Gewicht des Paraffinöls	186,64 g
Anfangstemperatur	15,9°
Endtemperatur	21,3°

Berechnung:

$$(203{,}15 + 19{,}03)(20{,}0 - 17{,}2) = (186{,}64 \,.\, C + 19{.}03)(21{,}3 - 15{,}9)$$

$$C = \left[\frac{222{,}18 \,.\, 2{,}8}{5{,}4} - 19{,}3\right] \cdot \frac{1}{186{,}64}$$

$$C = 0{,}516.$$

II. Die Methode läßt sich vereinfachen durch Anwendung des Tropfgefäßes der Methode 3. Man kann dann die Bestimmung des Wasserwertes vereinigen mit der Bestimmung der Temperaturerhöhung durch den Wärmeträger bei Wasserfüllung des Kalorimetergefäßes. Dazu ist nur nötig, daß nach fester Einstellung der erhöhten Temperatur diese durch Eintropfen von 0°-Wasser auf die Anfangstemperatur zurückgebracht wird. Eine Wägung gibt die Menge des eingetropften Wassers.

Zahlenbeispiel:

Gewicht der Flasche leer	400,08 g
Gewicht der Flasche mit Wasser	603,23 g
Wassergewicht	203,15 g
Anfangstemperatur des Wassers	17,2°
Endtemperatur nach Herausnahme des Wärmeträgers	20,0°
Wassermenge von 0° zur Zurückführung der Temperatur auf 17,2°	36,17 g.

Berechnung:

$$(203{,}15 + W)(20{,}0 - 17{,}2) = 36{,}17\,(17{,}2 - 0)$$

$$W = \frac{36{,}17 \,.\, 17{,}2}{2{,}8} - 203{,}15$$

$$W = 19{,}03 \text{ Kal./Grad.}$$

5. Mechanisches Wärmeäquivalent aus elektrischer Energie.

In einem großen zylindrischen versilberten Leerraumgefäß befindet sich in Paraffinöl oder Petroleum ein Heizwiderstand. Man verbindet ihn über Schalter, Strommesser und regelbarem Ballastwiderstand (s. Fig. 8) mit einer Stromquelle, z. B. zwei Sammlerzellen, und nimmt gleichzeitig an den Enden des Heizwiderstandes die Spannung mit einem Spannungsmesser ab. Strom- und Spannungsmesser sind kleine Drehspulinstrumente. Die elektrische Energie ergibt sich aus der Zeit des Stromdurchganges und der Spannungs- und Strommessung, wobei die Anzeige des Strommessers um den Zweigstrom im Spannungsmesser (zu finden aus dessen Widerstand) zu vermindern ist. Die Wärmeenergie folgt aus der beobachteten Temperaturerhöhung und dem Wasserwert der Füllung vermehrt um den Wasserwert des Gefäßes mit Widerstand und Thermometer. Als Heizwiderstand wird für Anschluß an 110 Volt ein auf Emailrohr gewickelter Widerstand (Fig. 7) benutzt. Dabei ist der Spannungsunterschied an seinen Klemmen etwa 40 Volt. An Stelle des Spannungsmessers läßt sich auch ein Milliamperemeter mit Vorschaltwiderstand verwenden. Dann ergibt sich der abzuziehende Zweigstrom aus der Ablesung, und die Spannung wird aus Strom und Widerstand im Kreise des Milliamperemeters berechnet.

Der Wasserwert von Gefäß, Widerstand und Thermometer wird z. B. durch einen vorherigen Mischungsversuch bei Anwendung von Wasserfüllung bestimmt.

Weit bequemer und genauer findet sich der Wasserwert, wenn man bei Füllung mit Paraffinöl oder Petroleum eine bekannte Wärmemenge mit dem Heizwiderstand selbst einführt, besonders da dann die sehr lästige Reinigung von Wasser und Öl wegfällt. Natürlich sprechen gegen ein solches Verfahren pädagogische Gründe; denn für die Bestimmung der Wärmemenge muß ja das elektrische Wärmeäquivalent, das gesucht wird, schon als bekannt vorausgesetzt werden. Dieser Einwand fällt weg, wenn man die elektrisch zugeführte Wärme bestimmt durch Zufluß von vorgekühltem

Petroleum aus dem Tropfausgleicher (s. unter 3). Der Versuch nimmt so seine einfachste Form an: Nach der elektrischen Heizung bis zu einer beliebigen Endtemperatur läßt man so viel vorgekühltes Petroleum aus dem Ausgleicher einfließen, bis die Anfangstemperatur wieder erreicht ist. Die Menge des zugeführten Petroleums ergibt

f e d b c a

Fig. 7. Fig. 8.

sich aus zwei Wägungen. Leider sind die erforderlichen Mengen wegen der geringen spezifischen Wärme des Petroleums ziemlich groß, so daß man sich auf mäßige Temperaturerhöhungen beschränken muß. Bei der erforderlichen Länge des Versuchsgefäßes empfiehlt sich zur Temperaturbestimmung ein besonderes Stielthermometer.

Zahlenbeispiele:

I. Für niedere Spannung.

Wasserwert von Gefäß, Widerstand und Thermometer	30,0 g
Menge des Paraffinöls	341,0 g
Anfangstemperatur	25,9°
Endtemperatur nach 25 Minuten	38,0°
Mittlere Stromstärke (25 Beobachtungen)	2,451 Amp.
Voltmeterstrom	0,006 Amp.
Wirkliche Stromstärke	2,445 Amp.
Mittlere Spannung	2,842 Volt
Versuchszeit . . . . 25 Minuten	= 1500 Sek.
Spezifische Wärme des Petroleums	0,52.

Berechnung:

$$0{,}52 \,.\, \left(341 + \frac{30}{0{,}52}\right)(38{,}0 - 25{,}9) = C \,.\, 1500 \,.\, 2{,}445 \,.\, 2{,}842$$

$$C = \frac{0{,}52 \,.\, (341 + 57{,}7) \,.\, 12{,}1}{1500 \,.\, 2{,}445 \,.\, 2{,}842},$$

daraus

$$C = 0{,}2407 \text{ Kalorien} = 1 \text{ Wattsekunde}$$

oder

$$J = 4{,}154 \text{ Wattsekunden} = 1 \text{ Kalorie.}$$

II. Für höhere Spannung.

Wasserwert von Gefäß, Widerstand und Thermometer aus Mischungsversuch	40,45 g
Menge des Paraffinöls	346,65 g
Spezifische Wärme des Paraffinöls	0,52
Anfangstemperatur	25,0°
Endtemperatur	37,0°
Versuchsdauer	307 Sek.
Mittlere Stromstärke	0,90 Amp.
Mittlere Spannung	40,0 Volt

Berechnung:

$$0{,}52 \left(346{,}65 + \frac{40{,}45}{0{,}52}\right)(37{,}0 - 25{,}0) = C \,.\, 307 \,.\, 0{,}9 \,.\, 40{,}0$$

$$C = \frac{0{,}52 \,.\, (346{,}65 + 77{,}8) \,.\, 12{,}0}{307 \,.\, 0{,}9 \,.\, 40},$$

daraus

$$C = 0{,}2396 \text{ Kalorien} = 1 \text{ Wattsekunde}$$
$$J = 4{,}172 \text{ Wattsekunden} = 1 \text{ Kalorie.}$$

III. Mit Tropfausgleicher.

Mittlere Stromstärke	0,506 Amp.
Mittlere Spannung	17,75 Volt
Versuchszeit	264 Sek.
Anfangstemperatur	19,80°
Endtemperatur	23,82°
Temperatur des Paraffinöls im Ausgleicher	6,0°
Spezifische Wärme des Paraffinöls	0,52
Ausgleichmenge zur Herstellung der Anfangstemperatur	80,1 g

Berechnung:

$$17{,}75 \,.\, 0{,}506 \,.\, 264 \,.\, C = 80{,}1 \,.\, 0{,}52\,(19{,}80 - 6{,}0)$$
$$C = 0{,}242 \text{ Kalorien} = 1 \text{ Wattsekunde.}$$
$$J = 4{,}126 \text{ Wattsekunden} = 1 \text{ Kalorie.}$$

6. Verdampfungswärme des Wassers.

Die genaue Bestimmung der Verdampfungswärme bereitet bekanntlich beträchtliche Schwierigkeiten. Diese sind bei den folgenden Methoden zu überwinden versucht durch Anwendung eines Leerraumgefäßes für das Kalorimeter und einer großen Dampffalle in der Dampfzuleitung unmittelbar über dem als Verdichtungsgefäß dienenden Kalorimeter. Dadurch wird erreicht, daß das Dampfzuleitungsrohr bis auf sein letztes, dicht über dem Kalorimeter befindliches Ende von einem Dampfmantel dauernd umgeben ist. Die Folge ist, daß nur Dampf und kein schon außerhalb des Kalorimeters gebildetes Verdichtungswasser in das Kalorimeter hineingelangt. Immerhin erfordert die Ausführung der folgenden Methoden etwas mehr Umsicht als die der bisher beschriebenen. Zeigt sich zum Beispiel am Ausführungsrohr der Dampffalle auch nach einiger Zeit des Durchleitens noch merkliche Verdichtung, so bestimmt man die Menge des Verdichtungswassers, indem man

Fig. 9.

es in einem fein geteilten Meßzylinder, über den der Dampfstrahl hinweggeht, für mehrere Minuten eintropfen läßt. Daraus ergiebt sich die Korrektion für die endgültige Versuchsdauer. Meist ist sie ganz unbedeutend.

a) Erste Methode. Ein Leerraumgefäß mit Thermometer und einem bis auf den Boden reichenden Glasrohr mit Kautschukansatz (s. Fig. 9, links; der zugehörige Deckel fehlt in der Figur) wird leer und mit einer bestimmten Wassermenge von Zimmertemperatur gewogen und die Temperatur nach einiger Zeit der Ruhe abgelesen. Nachdem das Wasser im Glaskolben kocht und der Dampf frei von Verdichtungswasser aus dem kurzen Ausführungsrohr der Dampffalle austritt, wird dieses Rohrende in die Kautschukverbindung des im Kalorimeter befindlichen Glasrohrs fest eingeführt und der Dampf so lange in das Kalorimeter eingeleitet, bis das Thermometer etwa 20° gestiegen ist. Dann trennt man die Verbindung wieder ab, beobachtet die Höchsttemperatur im Kalorimeter und bestimmt die verdichtete Dampfmenge durch eine neue Wägung.

Der Wasserwert des Kalorimeters mit Thermometer und Glasrohr wird vorher durch einen Mischungsversuch ermittelt.

Diese Methode kann natürlich sehr bequem auch mit enghalsigen Leerraumflaschen (s. Fig. 1) ausgeführt werden.

Zahlenbeispiel:

Wasserwert der Flasche mit Thermometer und Glasrohr	24,6 g
Gewicht der Flasche mit Thermometer und Glasrohr	477,07 g
Gewicht der Flasche mit Thermometer und Glasrohr mit Wasser	748,35 g
Temperatur des Wassers	12,15°
Gewicht nach Einleiten von Dampf	758,76 g
Endtemperatur	33,30°
Wassermenge	271,28 g
Dampfmenge	10,41 g

Berechnung:

$$(271{,}28 + 24{,}6)(33{,}30 - 12{,}15) = 10{,}41 \cdot L + 10{,}41\,(100 - 33{,}3)$$

$$\frac{295{,}88 \cdot 21{,}15 - 10{,}41 \cdot 66{,}6}{10{,}41} = L$$

$$L = 534{,}7 \text{ Kal./g}$$

$$\text{Wahrer Wert } L = 538{,}3 \text{ Kal./g}.$$

b) Zweite Methode. Man benutzt den in Figur 9 in der Mitte sichtbaren Verdichter, der in Fig. 10 im Schnitt dargestellt ist. Er besteht aus einem unten mit Verschlußschraube versehenen Kühlgefäß aus Messing, in das der Dampf eingeleitet wird. Was im unteren Gefäß nicht verdichtet wird, gelangt in die angeschlossene Spirale aus dünnwandigem Messingrohr, in der auch die letzten Spuren zur Verflüssigung gebracht werden. Der Verdichter wird gewogen, in das Kalorimetergefäß eingesetzt und so viel Wasser von Zimmertemperatur zugefüllt, daß die Spirale einschließlich der oberen dünnen Messingscheibe völlig von Wasser bedeckt ist. Nachdem der Dampf eine Weile durch die Dampffalle hindurchgegangen ist, führt man deren kurzes, mit Hartgummi umkleidetes Ausführungsrohr unmittelbar in den Verdichter ein. Das Hartgummirohr paßt straff in das oben erweiterte Messingrohr des Verdichters (Fig. 10 links). Man leitet Dampf ein, bis das Kalorimeter eine Temperaturerhöhung von etwa 20° erhalten hat, hebt die Zuleitung leicht ab und wartet unter Bewegen des Thermometers die Endtemperatur ab. Darauf wird der Verdichter herausgenommen, außen sorgfältig getrocknet und gewogen. Die Gewichtszunahme

Fig. 10.

ist das Gewicht des verflüssigten Dampfes. Vor einem neuen Versuch wird das Verdichtungswasser nach Öffnen der Bodenschraube des Gefäßes entleert.

Der Wasserwert des Verdichters ergibt sich aus Gewicht und spezifischer Wärme des Messings, der des Gefäßes muß durch einen Mischungsversuch bestimmt werden.

Als Verdampfer kann ein einfacher Kochkolben dienen, wie in Fig. 9. Bequemer ist ein elektrischer Verdampfer, wie er im Schnitt in Fig. 11 dargestellt ist. Die

Fig. 11.

Fig. 12.

Kuppe des Gefäßes ist gewölbt, damit dort gebildete Flüssigkeit wieder nach unten abfließt. Das Thermometer dient nur zur Beobachtung der unveränderlich gewordenen Siedetemperatur. Die Verbindung des elektrischen Verdampfers mit dem Kalorimeter geht aus Fig. 12 hervor. Es empfiehlt sich übrigens, auch bei elektrischer Heizung die Dampffalle unmittelbar über dem Kalorimeter nicht, wie in der Figur geschehen, wegzulassen. Man ist dann sicherer, kein Wasser in das Kalorimeter einzuführen und hat zugleich den Vorteil bequemerer Thermometerbeobachtung, da der Verdampfer etwas seitlich stehen kann. Er ist in diesem Falle durch einen dickwandigen, etwa 10 cm langen Kautschukschlauch mit der Dampffalle verbunden.

Zahlenbeispiel:

1. Wasserwert:

Gewicht des Gefäßes mit Verdichter und Thermometer	1188,0 g
Gewicht des Gefäßes mit Wasser von 14,4°	1455,8 g
Gewicht nach Zusatz von Wasser von 36,1°	1783,8 g
Mischungstemperatur	25,1°

Berechnung:

$$(1783{,}8 - 1455{,}8)\,(36{,}1 - 25{,}1) = (1455{,}8 - 1188{,}0)\cdot(25{,}1 - 14{,}4) + r\,(25{,}1 - 14{,}4)$$

$$r = \frac{328{,}0 \cdot 11{,}0}{10{,}7} - 267{,}8$$

$$r = 69{,}4 \text{ g.}$$

2. Verdampfungswärme.

Gewicht des Gefäßes mit Verdichter und Thermometer	1188,0 g
Gewicht des Gefäßes mit Wasser von 22,3°	1706,5 g
Temperatur nach Einleiten des Dampfes	58,5°
Gewicht nach Einleiten des Dampfes	1743,5 g

Berechnung:

$$(1743{,}5 - 1706{,}5) \cdot L + (1743{,}5 - 1706{,}5)\,(100 - 58{,}5) = (1706{,}5 - 1188{,}0)\,(58{,}5 - 22{,}3) + 69{,}4\,(58{,}5 - 22{,}3)$$

$$L = \frac{(518{,}5 + 69{,}4) \cdot 36{,}2 - 37{,}0 \cdot 41{,}5}{37{,}0}$$

$$L = 533{,}3 \text{ Kal.}$$

Wahrer Wert 538,3. Abweichung kleiner als 1%.

c) Dritte Methode. Von der immerhin lästigen Wasserwertsbestimmung der zweiten Methode wird man frei durch Anwendung des Tropfausgleichers. Um hierbei mit wenig Wasser auszukommen, empfiehlt sich ein kleiner, aus Glas hergesstellter Verdichter[3]), der in ein enges Leerraumgefäß eingesetzt werden kann. Die Temperaturerhöhung kann dann auf etwa 10° beschränkt und die Wägung des Verdichters zur Ermittelung der Dampfmenge auf einer empfindlichen Wage vorgenommen werden. Verlauf des Versuchs: Wägung des Verdichters leer; Einsetzen des Verdichters in das Kalorimetergefäß; Einfüllen von Wasser, so daß der Verdichter zu drei Vierteln eintaucht. Wägung des Ganzen $= p_1$. Ablesen der Temperatur, Einleiten von Dampf, Ablesen der erhöhten Temperatur, Ausgleich der Temperaturerhöhung (Zurückführen auf die Anfangstemperatur) durch Eintropfen von Nullgrad-Wasser aus dem Ausgleicher, neue Wägung $= p_2$. Dann Herausnehmen des Verdichters und Wägung zur Bestimmung der Dampfmenge. Die Dampfmenge sei m. Aus den Wägungen folgt zugleich die Menge des benutzten Ausgleichwassers $p_3 = p_2 - p_1 - m$.

Fig. 13.

Die Berechnung wird, wie stets bei Anwendung des Ausgleichers, ganz außerordentlich einfach und übersichtlich, so daß sich die Methode auch aus diesem Grunde besonders empfiehlt.

Zahlenbeispiel:

Gewicht des Gefäßes mit Verdichter, Thermometer, Deckel und Wasser von 15,2°	972,12 g
Temperatur nach Einleiten des Dampfes	32,2°
Gewicht nach Temperaturausgleich mit 0°-Wasser	1202,15 g
Gewicht des Verdichters leer	90,09 g
Gewicht des Verdichters mit Verdichtungswasser	95,68 g

Daraus ergibt sich:

Ausgleichwasser	224,44 g
Dampfgewicht	5,59 g

Berechnung:

$$5{,}59 \cdot L + 5{,}59\,(100 - 32{,}2) = 224{,}44 \cdot 15{,}2$$

$$5{,}59\,L = 3410 - 378{,}9$$

$$L = 542{,}9 \text{ W.-E./g}.$$

Fehler 0,8%.

7. Stäbe für Wärmeleitvermögen und Temperaturleitvermögen.

1. Der Unterschied guter und schlechter Wärmeleiter wird gezeigt mit einem Stab, der zur Hälfte aus dichtem Buchenholz, zur Hälfte aus vernickeltem Eisen besteht. Die Teile sind fest miteinander verschraubt und haben genau gleichen

[3]) Auch für die II. Methode wird neuerdings nicht mehr der messingne Kühlschlangenverdichter, sondern ein kleiner Glasverdichter (siehe Fig. 13) mit größerem Erfolg benutzt.

Durchmesser. Über die mittlere Stelle wird ein etwa 10 cm langes, 6 cm breites Stück Schreibpapier in einer Lage fest herumgelegt und der überschießende Teil mit etwas Klebstoff (Gummi oder Stärke) festgeklebt. Wichtig ist, daß das Papier sich fest an die Staboberfläche anlegt. Nach dem Trocknen des Papieres wird der so vorbereitete Stab mit der eisernen Seite in die Hand. genommen und unter gleichzeitigem Drehen mit seiner Mitte im oberen Teil einer Bunsenflamme hin und her bewegt. Sehr bald zeigt sich eine Braunfärbung und ein allmähliches Verkohlen des Papieres über dem Holzstab, während das Papier über der eisernen Hälfte unverändert bleibt. Die Grenze beider Stäbe hebt sich scharf auf der Papierhülse ab.

2. Die Verschiedenheit des Temperaturleitvermögens (Verhältnis der Wärmeleitfähigkeit zum Produkt aus spezifischer Wärme und Dichte) läßt sich in einer neuen Form des bekannten Versuches von Ingenhouß folgendermaßen zeigen:

Fig. 14.

Ein langer Stab, zur Hälfte aus Kupfer, zur Hälfte aus Eisen, trägt in gleichen Abständen von der Mitte Ringmarken, an denen mit etwas Wachs große, weithin sichtbare Glaskugeln angeklebt werden. (Die Menge Wachs, die man verwendet, ist für den Erfolg des Versuchs ziemlich gleichgültig.) Zwei Lagerböcke an den Stabenden halten den Stab in solcher Höhe über dem Tisch, daß die verschraubte Mittelverbindung von Eisen und Kupfer mit einem gewöhnlichen Bunsenbrenner geheizt werden kann (siehe Fig. 14). Da die Temperaturleitvermögen von Eisen und Kupfer sich wie 1 : 6 verhalten, so fallen die Glaskugeln in gleichen Abständen von der Mitte beim Kupfer sehr viel früher ab als beim Eisen. Daß hier wirklich das Temperaturleitvermögen und nicht das Wärmeleitvermögen für den Erfolg des Versuchs maßgebend ist, zeigt man mit einem ähnlichen Stab, der zur Hälfte aus Eisen, zur Hälfte aus Aluminium besteht. Man erhält fast genau die gleiche Zeitfolge des Abfallens der Kugeln wie bei Eisen und Kupfer. Die Wärmeleitvermögen von Al und Cu verhalten sich wie 0,48 : 0,89, die Temperaturleitvermögen wie 0,83 : 1,10. Demgemäß wird bei einem dritten Stab aus Aluminium und Kupfer kaum ein Zurückbleiben des Abfallens der Kugeln am Aluminium gegenüber dem Abfallen vom Kupferstab beobachtet. Wäre die Wärmeleitung entscheidend, so müßten beträchtliche Unterschiede auftreten.

8. Bestimmung der Verdampfungswärme als Vorführungsversuch.

Das Verfahren schließt sich eng an 6a) an, nur benutzt man ein durchsichtiges Leerraumgefäß mit Einteilung in Kubikzentimeter. Man führt 40 ccm Wasser von Zimmertemperatur ein und ein Glasrohr, das oben ein kurzes Stück Kautschukschlauch trägt. Darauf wird aus dem elektrischen Verdampfer mit zugeschalteter Dampffalle so lange Dampf durch Anschluß an die Kautschukverbindung des Glasrohrs eingeleitet, bis die gesamte Wassermenge im Gefäß gerade eben zu sieden anfängt.

Der richtige Zeitpunkt für das langsame Herausziehen des Glasrohrs ist dann gegeben, wenn die gesamte Wassermasse anfängt, sich infolge der Dampfbildung bis in die obere Gefäßerweiterung zu verschieben. Die Volumteilung wird sofort nach Herausziehen des Glasrohrs abgelesen. Die Zunahme des Volumens ist natürlich nicht gleich der verdichteten Dampfmenge, sondern es ist eine Korrektion anzubringen wegen der Ausdehnung des Glases und des Wassers und wegen der im Glasrohr ver-

dichteten und an ihm beim Herausziehen haftenden Wassermenge. Die Größe der Korrektion wird durch einige Vorversuche ein für allemal ermittelt. Sie weicht von der zu berechnenden Ausdehnungskorrektion kaum ab, wenn man das zur Einleitung des Dampfes dienende Glasrohr nicht vorher in das Gefäß einsenkt, sondern an der Dampffalle von Anfang an befestigt und nach einiger Zeit des Dampfdurchganges erst bei Anstellung des Versuchs in das Kalorimeter einführt und nach dem Sieden wieder herauszieht. Man wird sich nicht darüber täuschen, daß in diesem Fall die, abgesehen von der Ausdehnung, richtige Dampfmenge durch gegenseitiges Aufheben verschiedener Fehler entsteht. Das ist indessen für einen Vorführungsversuch unbedenklich.

Bei einiger Übung wird der erhaltene Zahlenwert leicht auf weniger als 5 % zuverlässig.

Der Wasserwert des Gefäßes muß vorher bestimmt sein, wozu ebenfalls die Volumteilung benutzt wird.

Nebenbei sei bemerkt, daß die Volumteilung des Leerraumgefäßes sich in der Projektion abbilden läßt, so daß man den ganzen Versuch auch einem größeren Hörerkreis vor der Lampe zeigen kann. Aus solchen Vorführungen sind die vier folgenden Versuche hervorgegangen. Bei zeitigem Anheizen des elektrischen Verdampfers ist der ganze Versuch in höchstens fünf Minuten zu erledigen:

Versuch	I	II	III	IV
Anfangstemperatur . . .	22,0	16,0	20,6	15,4
Anfangsvolumen	39,2	40,0	39,3	40,2
Endvolumen	48,0	50,0	48,1	50,1
Differenz	8,8	10.0	8,8	9,8
Korrigierte Dampfmenge	8,0	9,2	8,0	9,0
Verdampfungwärme . .	551	523	562	541
Fehler in %	2,4	2,8	4,4	0,6

Wasserwert des Gefäßes . 17,3 g
Volumkorrektion . . . . . — 0,8

Berechnung von Versuch I:

$$8{,}0 \cdot L = (39{,}2 + 17{,}3)\,(100 - 22{,}0)$$
$$8\,L = 56{,}5 \cdot 78$$
$$L = 551.$$

9. Der Wärmezähler.

Ein elektrischer Eintauchheizkörper, dessen Heizelement von einem dünnen Metallrohr umschlossen ist, ist mit Spannungsdrähten versehen, so daß sein Energieverbrauch mit Strom- und Spannungsmesser bestimmt werden kann. Er wird unmittelbar an 110 Volt angeschlossen. Von der Angabe des Strommessers ist der Zweigstrom des Spannungsmessers wie bei Methode 5 in Abzug zu bringen. Multipliziert man das Produkt aus Strom und Spannung mit 0,239, so hat man die Anzahl Wärmeeinheiten, welche der Heizkörper in der Sekunde liefert, und kann daher durch Beobachtung der Zeit die Wärmeeinheiten zählen. Der angewandte Wärmezähler von etwa 82 Ohm Widerstand liefert in der Sekunde 35 Wärmeeinheiten bei Anschluß an 110 Volt.

10. Spezifische Wärme von Flüssigkeiten mit dem Wärmezähler.

Eine bekannte Menge Flüssigkeit wird in einer enghalsigen Leerraumflasche mit dem Wärmezähler für eine bestimmte Zahl von Sekunden erhitzt. Man liest Anfangs- und Endtemperatur an einem eingesenkten Thermometer ab, nachdem vollkommener Ausgleich mit der Temperatur des Wärmezählers eingetreten ist, was bei der Masse desselben etwa 10 Minuten in Anspruch nimmt. Die bekannte, dem Wärmezähler zugeführte Energie wird verbraucht zur Temperaturerhöhung der Flüssigkeitsmenge,

der Leerraumflasche, des Wärmezählers und des Thermometers. Die Rechnung ist demnach durchzuführen, wenn der Wasserwert bekannt ist. Dieser wird leicht durch einen gleichen Versuch ermittelt bei Anwendung von Wasser als Flüssigkeit.

Zahlenbeispiel:

I. Bestimmung des Wasserwerts.

Gefäß mit Thermometer	473,47 g	
Gefäß mit Thermometer und Wasser	670,25 -	
Wassergewicht	196,78 -	
Anfangstemperatur	23,25°	
Heizung mit 1,45 Amp. 119,8 Volt .	120	Sekunden
Endtemperatur	44,58°	

Berechnung:

$$0{,}239 \cdot 119{,}8 \cdot 1{,}45 \cdot 120 = (W + 196{,}78)\,(44{,}58 - 23{,}25)$$
$$W = 36{,}82 \text{ g}.$$

II. Spezifische Wärme von Petroleum:

Gewicht der Flasche mit Thermometer	473,47 g	
Gewicht der Flasche mit Thermometer und Petroleum	772,50 -	
Gewicht des Petroleums	299,03 -	
Anfangstemperatur (nach Einsenken des Wärmezählers)	19,95°	
Heizung mit 1,469 Amp. 120,3 Volt	120	Sekunden
Endtemperatur	47,85°	

Berechnung:

$$0{,}239 \cdot 120{,}3 \cdot 1{,}469 \cdot 120 = (299{,}03 \cdot C + W)\,(47{,}85 - 19{,}95)$$
$$= 299{,}03 \cdot C + 36{,}82) \cdot 27{,}9$$
$$C = 0.485$$

11. Verdampfungswärme mit dem Wärmezähler.

Die Methode ist eine Vereinfachung des von **Marshall** und **Ramsay** zu relativen, von **Henning** zu absoluten Bestimmungen angewandten Verfahrens der Verdampfung durch Zufuhr elektrischer Energie. Sie übertrifft alle oben beschriebenen an Zuverlässigkeit bei weitem, erfordert keine Temperaturbestimmung, sondern nur einige Wägungen.

Der mit Strom- und Spannungsmesser verbundene Wärmezähler wird mit einem Kautschukstopfen, der außerdem ein Glasrohr für den Abdampf enthält, in eine

Fig. 15.

Leerraumflasche mit beliebiger Wassermenge, etwa 350 ccm, fest eingeführt. Man schließt an 110 Volt an und läßt das Wasser einige Zeit kochen, bis die Dampfentwicklung und die Wärmeabgabe an die Umgebung stetig geworden ist. Strom und

Spannung werden abgelesen und darauf das Abdampfrohr für eine bekannte Zeit mit einem leicht, aber dicht passenden Kautschukschlauch an einen gewogenen Glaskühler angeschlossen, der in einem weiteren Glase mit kaltem Wasser steht (siehe Fig. 15). Das Verdichtungswasser ergibt sich aus einer zweiten Wägung des außen getrockneten Kühlers. — Darauf macht man einen zweiten, genau gleichen Versuch mit niederer, zum Beispiel halber Spannung des Heizstroms. Nach Erreichung des stetigen Zustandes wird das in derselben Zeit in einem zweiten Kühler erhaltene Verdichtungswasser bestimmt. Es ist dabei ganz gleichgültig, ob der Dampf als solcher oder zum Teil schon auf seinem Wege zu Wasser verdichtet in den Kühler gelangt, wenn nur der Zustand stetig geworden ist.

Es bezeichne

r die Verdampfungswärme,

$L = 0{,}2388 \,.\, e \,.\, i \,.\, t$ die in der Zeit t zugeführte elektrische Energie, gemessen in W.-E.,

p das Gewicht des Verdichtungswassers,

h die durch Strahlung und Leitung abgegebene Wärmemenge,

dann ist

$$r = \frac{L_1 + h}{p_1} = \frac{L_2 + h}{p_2}$$

oder

$$r = \frac{L_1 - L_2}{p_1 - p_2}.$$

Die Methode beruht also darauf, daß bei beiden Versuchen die Wärmeabgabe an die Umgebung gleich ist.

Um stoßendes Sieden zu vermeiden, muß vor jedem Versuch frisches, also lufthaltiges Wasser eingefüllt werden. Für den zweiten Versuch wird zur Beschleunigung erst mit 110 Volt angeheizt und bei Beginn des Siedens die niedere Spannung angelegt. Natürlich kann auch aus beliebig vielen Versuchen die in der Zeiteinheit gelieferte Dampfmenge abgeleitet werden.

Die Methode ist ohne weiteres für andere Flüssigkeiten als Wasser anwendbar.

Zahlenbeispiele:

1.	Strom Amp.	Spannung Volt	Zeit Sek.	Dampfmenge g	Energie
I. Versuch	1,362	113,7	120	8,102	4437,6
II. Versuch	0,703	58,6	120	2,077	1180,5

$$r = \frac{4437{,}6 - 1180{,}5}{8{,}102 - 2{,}077} = 540{,}6 \text{ W.-E./g.} \quad (\text{Fehler } 0{,}4\,\%_0.)$$

2.	Strom Amp.	Spannung Volt	Zeit Sek.	Dampfmenge g	Energie
I. Versuch	1,410	117,9	150	10,561	5954,6
II. Versuch	0,712	59,4	150	2,293	1514,9

$$r = \frac{5954{,}6 - 1514{,}9}{10{,}561 - 2{,}293} = 537{,}0 \text{ W.-E./g.} \quad (\text{Fehler } 0{,}2\,\%_0.)$$

Die Ausführung des Versuchs gestaltet sich noch wesentlich bequemer, wenn das Abdampfrohr an seinem Ende einen Zweiwegehahn mit weiten Bohrungen trägt, der von Anfang an durch einen kurzen Kautschukschlauch mit dem Verdichter verbunden ist. Der Hahn wird zunächst so gestellt, daß der Dampf frei ausströmt, ohne in den Kühler zu gelangen. Erst nach Erreichung des stetigen Zustandes schaltet man den Hahn um zur Verbindung des Verdampfers mit dem Kühler. Die Abgrenzung der Zeit des Einleitens in den Verdichter ist auf diese Weise bedeutend genauer und bequemer zu bewirken.

Hannover, Physikalisches Institut der Technischen Hochschule.

Ein einfaches Goniometer für Schülerübungen.

Von

Dr. **K. Schütt** in Hamburg.

Das im folgenden beschriebene kleine Goniometer ist in den Katalogen verschiedener Firmen aufgeführt, ist also sicher nicht unbekannt. Da ich aber nirgends eine Angabe über die mannigfachen Messungen, die man mit ihm ausführen kann, gefunden habe, halte ich es für erwünscht, daß der billige und daher für Schülerübungen in gleicher Front geeignete kleine Apparat in weiteren Kreisen bekannt wird.

Man kann das Goniometer (Fig. 1) mit geringen Kosten[1]) selbst herstellen: Eine in 360° geteilte Papierskala von 8—9 cm Durchmesser (Preis 0,30 M) wird auf eine etwa 1 mm dicke Zinkplatte von gleichem Durchmesser geklebt, die in der Mitte eine Bohrung von ca. 2 mm Weite hat. Auf eine quadratische Zinkplatte von 11 cm Kante, die in der Mitte einen 1 mm hohen, in die Bohrung der Scheibe hineinpassenden Sporn trägt, kann man den Teilkreis drehbar auflegen. Zwei diametral in Richtung der einen Diagonale auf der quadratischen Grundplatte eingeritzte Geraden gestatten die Stellung des Teilkreises abzulesen. Die Marken sind auf je einem

Fig. 1.

kleinen, auf der Grundplatte aufgelöteten Blechstück angebracht, so daß sie in gleicher Höhe wie die Skalenteile dicht neben diesen liegen. Zum Schutze ist eine Glasplatte von ca. 10 cm Durchmesser auf die Teilung geklebt, die als Handhabe beim Drehen ein kleines Korkstück trägt. Das Goniometer wird mittels Heftzwecken und zweier Bohrungen, die auf der zweiten Diagonale des Quadrats nahe den Ecken angebracht sind, auf einer der schmalen Flächen eines Holtzklotzes (14 × 4,5 × 4,5 ccm) montiert und auf den Tisch gestellt. Im Gegensatz zu dem gewöhnlichen Reflexgoniometer enthält der kleine Apparat nur das drehbare Tischchen, dessen Stellung man ablesen kann, und zwar sind zu dem Zweck zwei Marken angebracht, um die Exzentrizität der Kreisteilung gegen die Drehungsachse zu eliminieren. Als weitere Teile sind noch zwei kleine quadratische Spiegel von etwa 10 mm Kante nötig, die auf einem Stückchen Winkelmessing so aufgeklebt sind, daß der Spiegel vertikal steht.

Die Versuche, die man mit dem Goniometer ausführen kann, sind folgende: 1. Messung von Sehwinkeln in der Horizontalen nach zwei Methoden. — 2. Man kann den Apparat nach Art des Sextanten benutzen, dessen Handhabung den Schülern ja nur dann geläufig wird, wenn sie ihn in Händen gehabt und Messungen mit ihm gemacht haben. Da in den Sammlungen selten mehr als ein Exemplar des ziemlich

[1]) Der Preis der 12 in unserer Werkstatt hergestellten Goniometer betrug 0,75 M für das Stück.

teuren Instruments vorhanden ist, läßt sich das bei größerer Schülerzahl schlecht durchführen. — 3. Man kann nach zwei Methoden den Brechungsexponenten von Glasprismen und Flüssigkeiten messen.

1. Um das Goniometer nach Art des Theodoliten zu benutzen, setzt man den einen kleinen Spiegel auf die Mitte des Teilkreises und sieht mit einem Auge so in den Spiegel, daß man das Spiegelbild der Pupille erblickt. Die Verbindungslinie der Pupillenmitten ist eine Normale zum Spiegel, sie dient uns als Visierlinie. Um eine Messung auszuführen, stellt man das montierte Goniometer auf das Fensterbrett des Übungszimmers und orientiert den Spiegel so, daß die erste Marke A, z. B. ein Fensterkreuz der gegenüberliegenden Häuserreihe, in der Visierlinie liegt. Man muß also das hinter dem Spiegel liegende Bild der Pupille und Marke A in derselben Richtung sehen. Nachdem man die Stellung des Teilkreises an beiden Marken abgelesen hat, dreht man, ohne dabei den Spiegel zu verschieben, Teilkreis mit Spiegel so weit, daß die Visierlinie durch die zweite Marke B geht, und liest wiederum ab. Die Differenz der Mittel beider Ablesungen liefert den Winkel, unter dem die beiden Marken vom Beobachtungsort aus erscheinen. Beim Visieren ist es zweckmäßig, mit dem Auge nicht zu dicht an den Spiegel heranzugehen, sondern in einer Entfernung von 20 bis 30 cm zu bleiben, da es dann weniger Mühe macht, abwechselnd auf das nähere Pupillenbild und die entferntere Marke zu akkomodieren. Bei dem Versuch spielt es praktisch keine Rolle, ob die Visierlinie genau durch die Mitte des Spiegels geht oder nicht. Visiere ich einmal durch den linken Rand des Spiegels und zweitens 1 cm weiter rechts durch den rechten Rand ein und dieselbe Marke an, so muß ich, wie eine einfache Rechnung zeigt, den Teilkreis um 1^0 bzw. $^1/_{10}{}^0$ drehen, wenn die Marke 0,55 m bzw. 5,5 m entfernt ist. Da einerseits die geschätzten Zehntel auch wegen der Ungenauigkeit der billigen Skala unsicher sind und andererseits die anvisierten Marken in großen Entfernungen liegen, hat es auf die Genauigkeit der Messung keinen Einfluß, in welchem Punkte die Spiegelnormale diesen durchsetzt. Ferner ist es nicht erforderlich, daß der Spiegel in der Mitte des Teilkreises steht, vielmehr kann er jede beliebige Lage haben, da er sich bei jeder Drehung der Scheibe um denselben Winkel dreht wie diese.

Fig. 2.

Fig. 3.

Noch eine zweite Methode kann man zur Messung des Sehwinkels der Strecke $A\,B$ benutzen (Fig. 2). Man stellt das Goniometer auf einen Tisch am Fenster und setzt sich mit dem Rücken gegen das Fenster so davor, daß man in dem Spiegel die beiden Marken erblicken kann. Man beobachtet im Spiegel zunächst Marke A und merkt sich an der dem Fenster gegenüberliegenden Zimmerwand den Ort C, an dem das Spiegelbild von A liegt, liest an der Teilung ab (Stellung S_1), dreht die Scheibe so weit, bis das Spiegelbild von Marke B ebenfalls in C liegt und liest wieder ab (Stellung S_2). Der Sehwinkel, unter dem $A\,B$ erscheint, ist das Doppelte des gemessenen Winkels φ, um den der Spiegel gedreht wurde.

2. Um denselben Winkel nach der beim Sextanten (Fig. 3) gebräuchlichen Art zu messen, stellt man das Goniometer mit dem Spiegel S wieder aufs Fensterbrett, die spiegelnde Fläche ist nach außen gerichtet. Schräg links davor stellt man auf

einem Holzklotz den Spiegel T in gleicher Höhe auf. Man visiert mit dem einen Auge über den festen Spiegel T nach Marke A und dreht S so lange, bis Marke A in S und T gespiegelt genau unter dem über T gesehenen A liegt. Dann sind die Spiegel parallel. Nach der Ablesung (Stellung S_1) dreht man S, bis das Spiegelbild von B unter A liegt. Der doppelte Drehungswinkel φ ist wieder der gesuchte Sehwinkel. Nachdem die Schüler auf diese Weise Messungen mit Schätzung der Zehntelgrade ausgeführt haben, lasse ich die Gruppen einzeln denselben Winkel mit unserem mit Nonius versehenen Sextanten messen, wobei ihnen meistens nur die Ablesung am Nonius eine kleine Schwierigkeit bereitet. Die übrigen Gruppen sind währenddessen mit weiteren Beobachtungen mittels des Goniometers beschäftigt.

3. Die Bestimmung des Brechungsexponenten eines Prismas gliedert sich bekanntlich in 2 Beobachtungen: Man muß zunächst den Winkel φ, den die beiden brechenden Flächen des Prismas einschließen, und dann den kleinsten Ablenkungswinkel δ zwischen ein- und ausfallendem Strahl bestimmen. Der Brechungsindex n ist dann gleich $\frac{\sin {}^1/_2 (\delta + \varphi)}{\sin {}^1/_2 \varphi}$.

Als Lichtquelle bei diesen wie auch bei Messungen an Linsen auf der optischen Bank benutze ich einen Bunsenbrenner, der einen kleinen rechtwinklig gebogenen Manganindraht[2]) zum Glühen bringt. Als Halter desselben dient folgende Vorrichtung: Ein Messingdraht von etwa 3 mm Dicke ist in seinem unteren Teil zu einer ca. 8 cm langen Spirale von 4 bis 6 Windungen aufgewunden, die über das Rohr des Brenners geschoben wird. Am oberen Ende wird das freie Drahtende rechtwinklig vom Brenner fortgebogen, verläuft also etwa 4 cm horizontal, um dann rechtwinklig nach oben, parallel zur Flamme, weiter zu verlaufen. Um den so geschaffenen Halter wird der dünne Manganindraht durch mehrmaliges Herumwickeln befestigt, das horizontale in die Flamme hineinragende Ende wird rechtwinklig nach unten gebogen. Diese Lichtquelle wird als Marke 4 bis 5 m von dem auf dem Goniometer stehenden Prisma, dessen brechende Kante durch die Drehungsachse geht, aufgestellt. Man setzt sich mit dem Rücken gegen die Lichtquelle und sucht ihr Spiegelbild in der einen Prismenfläche auf. Durch Drehen des Prismas läßt es sich leicht erreichen, daß das Spiegelbild auf einen markanten Punkt an der Wand des Übungszimmers, z. B. auf einen an der Wandtafel angebrachten vertikalen Kreidestrich, zu liegen kommt (siehe auch Fig. 2). Man liest ab und dreht auf dem kürzesten Wege, ohne das Prisma zu verschieben, den Teilkreis, bis der glühende Draht in der zweiten Fläche gespiegelt auf dem Kreidestrich liegt, so daß demnach die zweite Fläche jetzt dieselbe Lage hat wie zuvor die erste. Der Supplementwinkel des gemessenen ist der Winkel an der brechenden Kante. Um den unter 1 angeführten Fehler zu vermeiden, der ja jetzt einerseits wegen der geringen Abstände der gespiegelten Marke und andererseits wegen der größeren Ausdehnung der spiegelnden Flächen beträchtlicher werden würde, ist es zweckmäßig, das Spiegelbild in beiden Flächen möglichst nahe an der brechenden Kante zu beobachten. Mehrere Beobachtungen, die sich, wenn der Schüler das Wesen der Methode erfaßt hat, sehr schnell an verschiedenen Teilen der Skala ausführen lassen, ergeben einen guten Wert für φ[3]).

Hieran schließt sich die Messung des Winkels δ der Minimalablenkung. Zu dem Zwecke geht man auf die andere Tischseite hinüber und sucht, durch das Prisma hindurchsehend, das Spektrum des glühenden Drahtes auf. Indem man das Wandern des Spektrums gegenüber dem über das Prisma weg gesehenen Drahtes beim Drehen des Teilkreises beobachtet, läßt sich die Stellung finden, bei der das Spektrum dem

---

[2]) Früher wurden in Glas einseitig eingeschmolzene Platindrähte benutzt, die sich aber der Zerbrechlichkeit und des relativ hohen Preises wegen auf die Dauer nicht bewährt haben.

[3]) Die mittlere Abweichung vom Mittel aus 6 Messungen betrug 0,3°, die maximale 0,5°.

Draht am nächsten ist. Diese Lage des Prismas gilt es zu markieren. Zu dem Ende stellt man den einen kleinen Spiegel (Fig. 1) auf den Teilkreis vor die Fläche, aus der die Strahlen des Drahtes das Prisma verlassen, vertikal auf und dreht es, ohne dabei an Stellung von Prisma oder Teilkreis irgend etwas zu ändern, so lange, bis das im Spiegel gesehene Bild der Pupille in derselben Richtung wie das Spektrum liegt. Dadurch ist die Richtung der nach symmetrischem Durchgang aus dem Prisma tretenden Strahlen festgelegt. Die Stellung des Teilkreises wird abgelesen, das Prisma fortgenommen, und jetzt dreht man so weit herum, bis die durch den Spiegel festgelegte Visierlinie durch den glühenden Draht geht. Die zweite Ablesung ergibt den gesuchten Winkel δ. Bei Benutzung des Drahtes als Lichtquelle kann man außerordentlich genau einstellen in der Weise, daß der glühende Draht den dunklen Pupillenkreis als heller vertikaler Durchmesser durchzieht. Nachdem man den Versuch einmal gemacht hat, gelingt es bei einer Wiederholung leicht, den Spiegel so zu orientieren, daß einmal das rote und zweitens das blaue Ende des Spektrums die Pupille halbiert. Die Versuche einer Oberprima ergaben ein brauchbares Mittel (0,02) für die Differenz der Berechnungsexponenten für blaues und rotes Licht.

Außer den Kronglasprismen sind noch 2 Flintglas- und mehrere Hohlprismen bei uns vorhanden, mittels deren die Brechungsexponenten vom Flintglas, Schwefelkohlenstoff usw. bestimmt werden. Messungen an Quarzkristallen habe ich von Schülern noch nicht ausführen lassen; sie erfordern ziemlich viel Geschicklichkeit, da man die Kristalle nicht einfach auf das Goniometer aufstellen kann, sondern sie mit Klebwachs so befestigen muß, daß die Längsachse mit der Drehungsachse zusammenfällt, daß also die Prismenflächen senkrecht zur Ebene des Teilkreises stehen. Auch zu dieser Orientierung kann man den glühenden Draht benutzen, indem man den Kristall so lange neigt, bis bei einer Drehung um 360° das Spiegelbild des Drahtes in den 6 Prismenflächen an der gegenüberliegenden Wand in derselben Höhe bleibt.

Fig. 4.

Auch mit Hilfe des streifenden Einfalls[4]) läßt sich der Brechungsindex bestimmen. Man beobachtet zu diesem Zweck durch die Fläche BC (Fig. 4) des Prismas, dessen brechende Kante B durch den Mittelpunkt des Teilkreises geht, eine links aufgestellte, durch Kochsalz gefärbte Bunsenflamme. Dreht man den Teilkreis mit dem Prisma in dem Sinne, daß die Strahlen flacher auf die Fläche AB fallen, so sieht man, wie allmählich die Flamme immer schmäler wird, schließlich treten statt der Flamme mehrere scharfe, dicht nebeneinanderliegende vertikale gelbe Linien auf, die wohl durch Beugung an der Kante A des Prismas entstehen. Jetzt treffen die vom äußersten (in der Figur oberen) Flammenrand ausgehenden Strahlen die Fläche AB streifend, ihr Einfallswinkel ist 90°. Man dreht das Prisma so weit, daß gerade noch der letzte gelbe Schimmer zu sehen ist. Die Richtung dieser das Prisma durch die Fläche CB verlassenden Strahlen wird wie oben mit Hilfe des kleinen Spiegels φ festgelegt; dann liest man ab, nimmt das Prisma fort, dreht den Teilkreis, bis die Visierlinie durch den äußersten rechten Rand der Flamme geht, liest wieder ab und findet den Winkel ε.

[4]) Siehe Kohlrausch: Lehrbuch der praktischen Physik. 1901, S. 234.

Aus der Figur ergeben sich leicht die folgenden Beziehungen:

$$\gamma = \varphi + \varepsilon - 90$$

$$\frac{1}{\sin\alpha} = n = \frac{\sin\gamma}{\sin\beta},$$

wo α der gesuchte Winkel, d. h. der Grenzwinkel der totalen Reflexion ist.

$$\alpha + \beta = \varphi$$

$$\frac{1}{\sin\alpha} = \frac{\sin\gamma}{\sin(\varphi - \alpha)}$$

$$\sin\gamma = \sin\varphi \,.\, \operatorname{ctg}\alpha - \cos\varphi$$

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{\sin\varphi}{\sin\gamma + \cos\varphi}.$$

Der Grenzwinkel betrug bei Kronglas 58,8°, bei Flintglas 38,0°, woraus sich der Brechungsexponent zu 1,51 bzw. 1,62 berechnete[5]).

Hamburg, Oberrealschule St. Georg.

Apparate zur Demonstration von physikalischen Vorgängen am menschlichen Körper.

Von

Prof. Dr. **H. Lohmann** in Dresden.

1. Der Wirbler, ein Apparat zur Demonstration der Abhängigkeit der Winkelgeschwindigkeit einer sich drehenden Masse von deren Drehradius.

Dreht sich eine Masse m im Abstand r um einen festen Punkt mit der Winkelgeschwindigkeit w, so ist ihre Bewegungsenergie $^1/_2\, m\, w^2 r^2$. Wird plötzlich der Abstand r verändert, so muß sich, da Energie nicht verloren geht, die Winkelgeschwindigkeit ändern. Aus der Gleichung $^1/_2\, m\, w_1^2\, r_1^2 = {}^1/_2\, m\, w_2^2\, r_2^2$ folgt $w_1 r_1 = w_2 r_2$ oder $\frac{w_1}{w_2} = \frac{r_2}{r_1}$, d. h. bei einer Verkleinerung des Abstandes wird sich die Winkelgeschwindigkeit vergrößern.

Diese Gesetzmäßigkeit läßt sich mit Hilfe des Wirblers auf folgende Weise zeigen: Man spannt die Feder *f* [Fig. 1] durch Hinaufschieben des Spanners *s* bis zum Einschnappen des Halters *h* und dreht die Kurbel *k*, bis sich die Flügel *fl* vermöge der auftretenden Fliehkraft seitwärts stellen. Jetzt läßt man die Kurbel *k* los, so daß sich das System nach dem Trägheitsgesetz von selbst weiter dreht und stößt den Drücker *d*, wenn die Flügel noch gerade seitwärts stehen, nach innen. Dadurch wird der Halter gehoben, so daß die Feder die Flügel schnell nach unten drückt. Während sich diese bei der Seitwärtsstellung nur langsam drehten, erfolgt bei der Abwärtsstellung die Drehung außerordentlich rasch. Die Umdrehungs-

Fig. 1.

[5]) Das Goniometer wird auch von der Firma Kroeplin in Pinneberg (Holstein) zum Preise von 3 M angefertigt.

geschwindigkeit kann mit Hilfe eines Tourenzählers bestimmt werden, der sich bei n auf die Achse aufsetzen läßt.

Besonders interessant ist es, den Kampf zwischen der Spannkraft der Feder und den auftretenden Fliehkräften zu beobachten, wenn man nach Spannung der Feder das System in rasche Drehung versetzt. Löst man dann den Halter h durch Drücken bei d aus, so vermag zunächst die Feder die Flügel überhaupt nicht hinabzustoßen. Erst wenn die Umdrehungsgeschwindigkeit hinreichend klein geworden ist, beginnt das Senken der Flügel. Dadurch wird aber sofort wieder, da das Trägheitsmoment verkleinert worden ist, die Drehgeschwindigkeit und damit auch die Fliehkraft vergrößert, so daß die Feder die Flügel nicht weiter hinunterdrücken kann. Erst wenn sich durch die Reibung die Geschwindigkeit weiter verringert hat, beginnt erneutes Hinunterbewegen, bis schließlich die Federwirkung überwiegt und nun die abwärtsstehenden Flügel in raschem Wirbel umgedreht werden.

Die durch die Gleichung $\frac{w_1}{w_2} = \frac{r_2}{r_1}$ angegebene Beziehung wird vom Menschen unwillkürlich befolgt bei Bewegungen des Körpers, welche bezwecken, eine möglichst große Umdrehungsgeschwindigkeit zu erzielen, so z. B. vom Schlittschuhläufer, der die Arme plötzlich an den Körper andrückt, wenn er sich rasch im Wirbel drehen will; beim Salto Mortale in der Luft, bei dem die beim Absprung vorhandene schwache Drehung durch die ruckweise erfolgende Zusammenziehung des Körpers beschleunigt wird. Auch beim Kniehangumschwung am Reck tritt bei der Aufwärtsbewegung durch Körperverkürzung eine Beschleunigung des Umschwungs ein.

2. Der Schaukler, ein Apparat zur Demonstration der Vorgänge beim Schaukeln.

Beim Schaukeln geht man in dem Augenblicke, wo man die höchste Lage eben erreicht hat, in die Kniebeuge, um Schwung zu holen, d. h., man verlegt den Schwerpunkt des schwingenden Systems (Körper und Schaukel) weiter vom Drehpunkte weg nach (S) [Fig. 2]. Das Drehmoment, mit dem die Erdanziehung die Schaukel gleichsam herunterreißt, wird dadurch gegenüber der gestreckten Lage des Körpers vergrößert. Die erzielte kauernde Stellung verhilft somit zu einem kräftigen Anschwingen. Während des Schwingens streckt sich aber von der Mittellage ab der Körper wieder, wodurch der Schwerpunkt des schwingenden Systems nach dem Drehpunkte D zu nach S_1 verlegt wird. Bei diesem mit einer Muskelanstrengung verbundenen Strecken des Körpers wird aber ein Druck auf den Schaukelboden (B) ausgeübt, welcher nach dem Gesetze von Wirkung und Gegenwirkung einen Zug (Z) in der Richtung der Schaukelstange nach D zu zur Folge hat. Dieser Zug wirkt aber nicht senkrecht zur Bahn des Schwerpunktes (S), deren Mittelpunkt im gezeichneten Augenblicke etwa M ist. Man kann deshalb zu dieser Kraft Z eine Komponente K_1 finden, welche senkrecht zum Bahnradius MS_1 wirkt. Die Kraft K_1 treibt das schwingende System noch über die Lage DB hinaus, in welche es (abgesehen von der Reibung) nach den Pendelgesetzen kommen würde. Eine andere Erklärung des Erreichens einer größeren Höhe als die des Ausgangspunktes bietet der Umstand, daß durch das Aufrichten in der Mittellage das Trägheitsmoment des schwingenden Systems verkleinert und folglich die Winkelgeschwindigkeit der Schaukel vergrößert wird. Außerdem wird durch das Strecken des Körpers das Drehmoment, mit dem beim Hinaufschwingen die Erde den Schwerpunkt in die stabile Lage zurückzubringen bestrebt ist, gegen die Anfangslage verkleinert (vgl. Kohlrausch, Physik des Turnens, und Tesar, Die Mechanik).

Rechnerisch läßt sich die größere Ausschwingungsweite ermitteln, wenn man die Beziehungen beim mathematischen Pendel anwendet und annimmt, daß das Schwungholen dadurch geschieht, daß sich der Schaukelnde beim Durchgange durch die tiefste

Lage plötzlich aufrichtet. Gibt man nämlich dem Pendel die Länge l und nimmt als Anfangselongation den Winkel α an [Fig. 3], so kommt die Masse M_1 in der tiefsten Lage M_2 mit der Geschwindigkeit I) $v = 2\sqrt{gl}\sin\frac{\alpha}{2}$ an. Wird nun in dieser Lage die Pendellänge plötzlich auf den Betrag l_1 verkürzt, so bewegt sich die Masse zwar von einem höheren Niveau (M_3) aus, aber mit der bei M_2 erlangten Horizontalgeschwindigkeit v. Die Masse muß also von diesem neuen Niveau um denselben Betrag (h) beim Emporschwingen gehoben werden, um den sie sich beim Herabfallen

Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

von M_1 auf M_2 gesenkt hatte. Daß hierdurch die Elongation α_1 beim Hinaufschwingen größer als die Anfangsweite α wird, erkennt man aus der Gleichung:

$$l_1 - l_1\cos\alpha_1 = h = l - l\cos\alpha$$

$$l_1\sin^2\frac{\alpha_1}{2} = l\sin^2\frac{\alpha}{2}$$

$$\frac{\sin\frac{\alpha_1}{2}}{\sin\frac{\alpha}{2}} = \frac{\sqrt{l}}{\sqrt{l_1}}$$

welche Beziehung auch aus Gleichung I) folgt. Da nun $l_1 < l$ ist, so folgt $\alpha_1 > \alpha$.

Mit Hilfe des in Fig. 4 dargestellten Apparates läßt sich der Vorgang des Schaukelns nachahmen. Das Pendel P ist so eingerichtet, daß durch Einziehen eines massiven Eisenkerns K in die Spule Sp der Schwerpunkt des schwingenden Systems geändert werden kann. Zu diesem Zwecke schaltet man zwischen die Zuführungsklemmen Kl und die Stromquelle, die bei etwa 12 Volt E.-M.-K. 6 Amp. liefern muß, einen Taster ein. Dieser Taster muß möglichst so beschaffen sein, daß er beim Niederdrücken den Strom ausschaltet, weil man zur sicheren und bequemen Bedienung des Apparates sich in die Lage des Schaukelnden hineinversetzen muß. Jedem Kniebeugen zum Schwungholen entspricht ein Niederdrücken des Tasters und diesem ein Herabfallen des Eisenkernes K gegen den Boden B.

Man bringt zunächst das Pendel durch Anstoßen in mäßige Schwingung, drückt jedesmal, wenn es die höchste Lage eben erreicht hat, den Taster nieder, den man

losläßt, wenn das Pendel die Mittellage durchläuft — immer in Gedanken die Bewegungen des Schaukelnden nachahmend. Die Schwingungen des Pendels werden größer und größer. Läßt man umgekehrt den Kern herunterfallen, wenn das Pendel die Mittellage durcheilt und ihn in den Höchstpunkten hinaufziehen, so werden die Schwingungsweiten sofort kleiner. Diese vergrößern sich aber wieder, wenn man in der richtigen Weise „elektrisch Schwung holt".

Das Gegengewicht G bezweckt, die Schwingungsdauer des schwingenden Systems zu vergrößern, damit man Zeit hat, den Strom zur richtigen Zeit aus- bzw. einzuschalten.

3. Apparat zur Demonstration der Tragfähigkeit von Röhren im Verhältnis zu massiven Stäben.

Bekanntlich trägt eine Röhre mehr als ein massiver Stab von gleichem Material, gleichem Gewichte und gleicher Länge. In der Natur findet man öfters Fälle, wo dieses Prinzip der Sparsamkeit an Material bei hoher Leistungsfähigkeit verwirklicht ist. So z. B. bei den Getreidehalmen und den Federkielen der Vögel, die als Röhren ausgebildet, bei wenig Substanz eine große Biegungsfestigkeit besitzen. Auch bei den Knochen des menschlichen Körpers zeigt sich in schöner Weise das Bestreben der Natur, das Material an der Stelle und in der Anordnung zu verwenden, wo es notwendig und zweckmäßig ist. Die langen Knochen (Arm und Bein) werden auf Biegung beansprucht — in der neutralen Schicht ist mit Material gespart — die Knochen sind hohl.

Der Apparat zeigt die Eigenschaft der Röhren in einfacher Weise. Auf gleichweit voneinander entfernten Stützen liegen: ein massiver Stab und ein Rohr von gleicher Länge, gleichem Gewichte und gleichem Material. Während nun der massive Stab höchstens 0,7 kg zu tragen vermag, läßt das Rohr eine Belastung von 5 kg bis zur gleichen Durchbiegung zu. Eine an den Stützen angebrachte Schnur gestattet die Größe der Durchbiegung zu messen, so daß das Gestell auch zur Bestimmung von Elastizitätskoeffizienten verwendet werden kann.

4. Reflektor für Körperwärme.

Der menschliche Körper strahlt beständig Wärme aus, und zwar ist der lediglich durch Strahlung stattfindende Wärmeverlust im Verhältnis zu den anderen Wärmeausgaben des Körpers außerordentlich groß (nach Schätzungen 1700 Kalorien in 24 Stunden). Die vom Körper ausgestrahlte Wärme geht ihm verloren, wenn sie nicht reflektiert wird. Mit Hilfe des Reflektors für Körperwärme läßt sich die eigene ausgestrahlte Wärme sehr deutlich empfinden. Der „Reflektor" besteht aus einer hinreichend weiten, innen mit Nickelpapier belegten Röhre, wozu noch eine Absorptionsröhre für Wärmeaufnahme hinzugefügt wird. Hält man den entblößten Arm in die innen mit Nickelpapier ausgekleidete Röhre, so hat man eine starke Wärmeempfindung. Die metallische Oberfläche reflektiert die vom Arm ausgehenden Wärmestrahlen nach diesem zurück. Im Gegensatz dazu hat man das Gefühl der Kühle, wenn man den Arm in die innen geschwärzte Röhre bringt. Hier werden von dem schwarzen Überzug die Wärmestrahlen stark absorbiert, so daß die Wärmeausstrahlung des Armes begünstigt wird.

5. Apparat zum Nachweis des Einflusses der Umgebung auf den Wärmezustand eines Körpers.

Über einen Eisendraht $A\,B$ [Fig. 5] wird ein Rohr R, das innen mit Nickelpapier beklebt ist, so geschoben, daß es den Draht nicht berührt. Schickt man durch den Draht einen elektrischen Strom von geeigneter Stärke, so glüht er innerhalb der Röhre, während er außerhalb derselben noch vollständig dunkel ist. Verschiebt man die

Röhre, so wandert die glühende Stelle mit ihr. Der Draht ist nur an dem einen Ende festgeklemmt, während das andere Ende, über eine Rolle geführt, mit einem Gewichte beschwert ist. An diesem Gewichte ist gleichzeitig eine Stromzuführungsklemme (K_1) angebracht. Diese Vorrichtung erhält den Draht bei jeder Temperatur straff gespannt, so daß man die in einer Schlittenführung gehende Röhre ohne Gefahr der Berührung mit dem heißen Drahte verschieben kann.

Fig. 5.

Das Gestell läßt sich noch verwenden zur Bestimmung der Ausdehnung von Drähten bei verschiedenen Stromstärken und Belastungen. Zu dem Zwecke ist die Rolle A mit einem Zeiger versehen, der an einer Skala entlang läuft*).

Durchlässige Gitter zur Herstellung lichtstarker Interferenzerscheinungen.

Von

Prof. Dr. **K. Lichtenecker** in Reichenberg, Deutschböhmen.

Herr M. WOLFKE hat jüngst gezeigt[1]), daß durchlässige Gitter, d. h. diejenigen Gitter, bei denen die Gitterstäbe noch merkliches Licht hindurchlassen, sich bezüglich ihrer primären Bilder nicht wesentlich von den undurchlässigen unterscheiden. „Die Hauptlichtmaxima werden sich bei beiden Gitterarten an denselben Stellen befinden, nur bei den durchlässigen Gittern werden sie nicht so scharf auftreten wie bei den undurchlässigen.“

Dies veranlaßt mich, subjektive und objektive Demonstrationsversuche mitzuteilen, die ich bereits früher mit stark durchlässigen Gittern angestellt habe; sie zeichnen sich sämtlich durch eine große, bei Versuchen mit undurchlässigen Gittern naturgemäß nicht erreichbare Lichtstärke aus.

I. Subjektive Versuche.

Ich verwende farblose oder farbig gelatinierte Zelluloidfilme, die eine aufgewalzte Riefung tragen. Die Beschaffenheit der letzteren ermöglicht es, die mittlere Wellenlänge des weißen Lichtes, bzw. des von der farbigen Gelatine durchgelassenen Spektralbereichs ohne irgendwelche andere Hilfsmittel als eine Latte und einen Kartonstreifen mit Millimeterteilung auf 5% des Wertes zu bestimmen. Da die Berechnung sich außerdem auf die Auflösung einer einfachen Proportion aus den abgelesenen drei Werten beschränkt, möchte ich diesen quantitativen „Freihandversuch“, deren es auf dem Gebiete der Interferenz des Lichtes nicht allzuviele gibt, bekanntgeben.

Blickt man durch eine solche geriefte Zelluloidplatte etwa aus ein bis zwei Meter Entfernung gegen eine Kerze, so bietet sich der Anblick einer Schar scharf voneinander abgetrennter, in gleichen Abständen aneinandergereihter Flammenbilder dar. Bei Verwendung einer Einfadenlampe an Stelle der Kerze gleicht die Erscheinung

*) Die Apparate werden von der Firma Koch & Sterzel in Dresden-A 7 geliefert, die Preise betragen für Nr. 1 M 60,—, Nr. 2 M 62,—, Nr. 3 M 22,—, Nr. 4 M 12,—, Nr. 5 M 25,—.

[1]) Ann. d. Phys. **37**, S. 801, 1912.

vollkommen der photographischen Aufnahme Fig. 3. Die Behandlung der Erscheinung wird sich nach Neigung und nach dem Niveau des Unterrichtes verschieden gestalten; sie ist auch mit der elementarsten Vorstellung von der Beugung an einem Spalt zu erfassen. Die Figur 1 läßt unmittelbar erkennen, daß, wenn L der Abstand des ersten Beugungsbildes von dem unabgebeugten natürlichen Flammenbilde ist, A der Abstand der Lichtquelle von dem Film, a der Abstand zweier Riefen, also die Gitterkonstante, und schließlich l die Lichtwellenlänge der durchgelassenen Farbe, die Proportion besteht:

Fig. 1.

$$l \cdot a = L \cdot A .$$

Soll nämlich in einer Visierrichtung maximale Helligkeit zustande kommen, so müssen sich die Wege der Lichtstrahlen, die durch zwei gleichgelegene Punkte benachbarter Riefen hindurchgehen, um die Wellenlänge der verwandten Farbe — oder um ein Vielfaches davon — unterscheiden. Dieser Wegunterschied ist, wie man aus der Abbildung ersieht, zwar eine gebrochene Strecke; wegen der außerordentlichen Kleinheit der Winkel α und β begeht man jedoch keinen merklichen Fehler, wenn man l als eine einzige, auf dem Gitter senkrecht stehende Strecke ansieht. Dann erhält man zwei ähnliche Dreiecke, ein großes und ein kleines, die L bzw. l zur Grundlinie und A bzw. a zur Höhe haben.

Klebt man an das eine Ende einer Latte von der Länge A einen kleinen, etwa zehn bis zwanzig Zentimeter langen Maßstab, an das andere Ende ein kleines Stückchen des gerieften Films, so ist die Vorrichtung zur Lichtwellenlängenmessung fertig.

Eine solche Vorrichtung, wie sie Verfasser für seine phys. Übungen hergerichtet hat, zeigt Fig. 2. Auf einer ausziehbaren Latte, an der A abgelesen wird, ist einerseits ein Maßstab auf Milchglas mit kräftigen Teilungsstrichen, die aber nur die untere Hälfte der Fläche einehmen, angebracht, andererseits ein Metallrähmchen, in dessen untere Hälfte ein kleines Stück des Zelluloidgitters eingespannt ist. Unmittelbar an den Mischglasmaßstab bringt man die Einfadenlampe oder eine andere passende Lichtquelle heran. Blickt man dann durch das kleine Metallrähmchen gegen die Milchglaßskala, so sieht man einerseits durch die obere freie Hälfte des Gesichtsfeldes die Teilung auf der Milchglasscheibe, andererseits durch das Gitter die Beugungsbilder der Faden-

Fig. 2.

lampe, und kann nun durch Abzählen einer größeren Anzahl von Bildern den Abstand zweier benachbarter Beugungsbilder — L — mit beträchtlicher Genauigkeit messen. Zur Bestimmung der Gitterkonstante a nimmt man entweder das Metallrähmchen von der Latte ab und mißt mit einer Lupe direkt, oder man beläßt die ganze Anordnung beisammen und setzt zwischen Gitter und Milchglas eine Linse, die die entsprechend beleuchteten Gitterriefen auf dem Milchglas stark vergrößert abbildet. Hierauf mißt den Abstand einer Anzahl von Streifen des Bildes auf der Milchglasskala und bestimmt dann den wahren Abstand zweier Riefen aus Bildgröße, Bildweite und Gegenstandsweite. Die Gitterkonstante ist einerseits groß genug, um eine störende Überdeckung der Beugungsbilder durch Farbenzerlegung zu verhindern, anderseits klein genug, um bei Entfernungen von 1—2 m bereits deutlich auseinandergelegte, bequem meßbare Bilder zu liefern. Die Riefung kann mit freiem Auge wahrgenommen und die Gitterkonstante mit einer einfachen Lupe gemessen werden. Bei einem derartigen Freihandversuch mit einem orangegelben Film war:

$$a = 0{,}15 \text{ mm}, \qquad A = 142 \text{ cm}, \qquad L = 6{,}33 \text{ mm}$$

hieraus

$$l = \frac{a \cdot L}{A} = \frac{0{,}15 \cdot 6{,}33}{1420} = 0{,}000668 \text{ mm}$$

Ein solches Stückchen Film bietet einem Schüler, der Freude am Beobachten hat, eine Menge von Fragen, auf die er auch selbst die Antwort finden kann. Zunächst wird er sich davon überzeugen, daß die Entfernung des Auges von dem Film, die in die Formel zur Berechnung der Wellenlänge nicht eingeht, tatsächlich keinen Einfluß auf die Erscheinung hat, dagegen der Abstand der Beugungsbilder proportional mit dem Abstand des Films von der Lichtquelle wächst. (Bestimmung der Lage einer Lichtquelle in einem nicht zugänglichen Gehäuse.) Bei Drehung des Films um die Sehrichtung als Achse dreht sich das ganze System der Beugungsbilder um dieselbe Achse, bei einer Drehung um eine zu den Riefen parallele Achse rücken die Bilder weiter auseinander. Besitzt der Gelatinefarbstoff des Filters einen ausgeprägten breiten Absorptionsstreifen, so können getrennte Beugungsbilder verschiedener Farben auftreten, usf. Es kann sich an dieser Stelle nur darum handeln, auf die Mannigfaltigkeit der Anregungen hinzuweisen, die das kleine Blättchen, mit dem man alle Zuhörer beteilen kann, bietet.

II. Objektive Versuche.

Mit jeder primitiven Sammellinse läßt sich die Erscheinung objektiv machen und ebenfalls messend verfolgen. Die beigegebene Photographie (Fig. 3) zeigt die Abbildung des Beugungsbildes einer Einfadenlampe, mit einem Objektiv von 22 cm Brennweite aufgenommen. Unmittelbar vor der Linse war der geriefte Film aufgestellt. Verwendet man Autochromplatten, so lassen sich die Beugungsbilder und ihre spektrale Zerlegung bis über die 15. Ordnung hinaus verfolgen und mit der Projektionslampe vorführen.

Fig. 3.

Außerordentlich lichtstarke Beugungsbilder erhält man mit Projektionslampe, Spalt und Linse. Nachdem auf dem Schirm ein scharfes Bild des mit parallelem Lichte beleuchteten Spaltes entworfen ist, braucht man nur ohne weiteres den rastrierten Film irgendwo in den Strahlengang zwischen Linse und Projektionsschirm hineinzuhalten, um ein leuchtendes, im größten Auditorium sichtbares System von farbigen Beugungsbildern zu erhalten. Die Berechnung der „mittleren“ Lichtwellenlänge des weißen Lichtes aus der elementaren Proportion gelingt mit Hilfe dieser Beugungsbilder bequem und mit derselben Genauigkeit wie mit dem Abbe-Winckel-

mannschen Doppelprisma; die hier beschriebene Anordnung hat aber, abgesehen davon, daß sie keine Kosten verursacht, den Vorzug einer viel einfacheren Ableitung und insbesondere den einer reichlich hundertmal größeren Helligkeit. Ich erhielt bei wiederholten Demonstrationen stets Werte zwischen 0,56 und 0,60 μ mit dem weißen Licht des Kohlekraters. Das Gitter ist so lichtstark, daß man den Versuch mit dem monochromatischen Licht einer Natriumflamme vorführen kann. Sollen keine quantitativen Versuche gemacht werden, so kann man einfach ein rotes oder ein blaues Glas zwischen Spalt und Linse halten; man erkennt dann auf 12 m deutlich in dem einen Fall die weiten, im anderen die engen Streifen des Beugungsbildes. Hat man ein Filter, das zur Hälfte aus rotem, zur Hälfte aus blauem Glase besteht, so daß man beide Streifensysteme gleichzeitig vorführen kann, so wird die Erscheinung besonders eindrucksvoll*).

Versuchsanordnung zur Bestimmung des elektrochemischen Äquivalents durch Widerstandsmessung.

Von

W. Stephan, Neuwied.

An zwei früheren Stellen dieser Zeitschrift (Heft III und V, 1910) ist ein von mir angegebenes Coulombmeter behandelt, bei welchem die zeitraubende und lästige Wägung der Kathode durch eine Widerstandsmessung ersetzt wird. Da der Apparat mit geringen Strommengen arbeitet, ist nach der dort beschriebenen Anordnung (Strommessung durch Milliamperemeter und Uhr, Widerstandsmessung durch Strom- und Spannungsabfall) ein verhältnismäßig empfindliches Meßinstrument erforderlich. Dies wird entbehrlich, wenn, wie im folgenden beschrieben werden soll, die zur Elektrolyse aufgewandte Strommenge durch ein geeignetes Knallgasvoltameter und die Widerstandsänderung der Kathode in der Wheatstoneschen Brücke gemessen wird.

Ich beginne mit der Beschreibung des Voltameters, welches sowohl wegen der Einfachheit der Herstellung als wegen der besonderen Art, das Knallgasvolumen zu messen, selbständiges Interesse verdienen dürfte.

Ein Knallgasvoltameter für kleine Elektrizitätsmengen hat bereits Herr P. Spies beschrieben[1]). Derselbe mißt in einem Hofmannschen Apparat mit kapillarem Steigrohr die kleinen abgeschiedenen Gasmengen durch das Volumen der von ihnen verdrängten Flüssigkeit. Dabei ist die Angabe des Instruments wegen des Überdrucks der gehobenen Flüssigkeitssäule von der Steighöhe abhängig. Herr Spies gibt an, wie durch Anschließen einer kleinen Luftpumpe mit Manometer der Überdruck beseitigt werden kann. Wird diese Zusatzapparatur fortgelassen, so bleibt in dem Ausdruck für das entwickelte Knallgasvolumen ein Korrektionsglied, welches bei größeren Steighöhen nicht unbeachtet bleiben darf.

Diese Abhängigkeit der Voltameterkonstante von der Steighöhe läßt sich vermeiden, indem die Knallgasmenge nicht durch das Volumen der verdrängten Flüssigkeit, sondern durch die Druckzunahme im Zersetzungsgefäß gemessen wird.

Es sei in Fig. 1 in dem abgeschlossenen Gefäß G ein Gasvolumen V unter dem Druck der Atmosphäre abgesperrt. Wird dasselbe um ein Volumen v vermehrt, so steigt in dem offenen kommunizierenden Rohre R mit dem Querschnitt q die Flüssigkeitssäule um die Höhe h; gleichzeitig sinkt in G der Flüssigkeitsspiegel um $\Delta h = h \cdot \frac{d^2}{D^2} = h \cdot \varepsilon$, wenn d der Durchmesser des Steigrohrs, D der des Ge-

*) Den fertigen Apparat liefert Max Kohl, Chemnitz.

[1]) Sitzung der phys. Abt. d. 79. Vers. Deutscher Naturforscher u. Ärzte, Dresden 1907, mitget. i. d. Bericht. d. Deutsch. Phys. Gesellsch. 1907, S. 485.

fäßes G ist. Bedeutet H die einer Atmosphäre entsprechende Druckhöhe der Flüssigkeit, so wird

$$\frac{V+v}{1+\frac{h(1+\varepsilon)}{H}} - V = q \cdot h$$

Hieraus:

$$v = V\frac{h(1+\varepsilon)}{H} + q \cdot h + q \cdot \frac{h^2(1+\varepsilon)}{H}$$

$$= h\left(\frac{V(1+\varepsilon)}{H} + q\right) \cdot \left(1 + \frac{q \cdot h(1+\varepsilon)}{\left(\frac{V(1+\varepsilon)}{H} + q\right) \cdot H}\right)$$

$\frac{V(1+\varepsilon)}{H}$ hat die Bedeutung eines Querschnitts, welchen das Anfangsvolumen V bis zur Höhe $\frac{H}{1+\varepsilon}$ füllen würde; wird derselbe mit Q bezeichnet, so erhält man:

Fig. 1.

I. $$v = h(Q+q)\left(1 + \frac{q \cdot h(1+\varepsilon)}{(Q+q)H}\right)$$

Es sind nun zwei extreme Fälle möglich.

Erstens sei das abgesperrte Anfangsvolumen $V = 0$, dann wird:

II. $$v = h \cdot q\left(1 + \frac{h(1+\varepsilon)}{H}\right)$$

Das Volumen v wird hier durch das Volumen $h.q$ der im Rohre R emporgestiegenen Flüssigkeitssäule gemessen. Das Korrektionsglied $\frac{h}{H}$ erreicht bei 15% H_2SO_4-Lösung und einer Steighöhe von 15 cm den Wert

$$\frac{15}{936} = 1,6\,\%_0.$$

Dieser erste Fall liegt bei dem von Herrn Spies angegebenen Voltameter vor.

Zweitens sei q verschwindend klein gegen Q, dann wird:

III. $$v = h \cdot Q = \frac{h}{H} \cdot V$$

$\frac{h}{H}$ mißt offenbar die Druckzunahme im Gefäß G, und das Steigrohr dient als Manometer.

In diesem zweiten Falle ist v streng proportional der Steighöhe h.

In der wirklichen Ausführung muß nun das Manometerrohr einen gewissen endlichen Querschnitt q besitzen, und es gilt die allgemeine Gleichung I. Es läßt sich aber leicht durch passende Wahl von V und q sowie des Verhältnisses $\frac{d}{D}$ erreichen, daß bei vorgeschriebener Empfindlichkeit das Korrektionsglied $\frac{q}{Q+q} \cdot \frac{h(1+\varepsilon)}{H}$ unter einer für die Messung in Betracht kommenden Grenze bleibt. Ist etwa das Anfangsvolumen $V = 50$ ccm, die Weite der Kapillare gleich 1 mm, also $q = 0{,}00785$ qcm, und $\varepsilon = 0{,}001$ ($D = 30$ mm), so wird:

$$Q = 0{,}0535 \text{ qcm}, \quad Q + q = 0{,}0613 \text{ qcm}$$

und für $h = 15$ cm:

$$\frac{q}{Q+q} \cdot \frac{h(1+\varepsilon)}{H} = 0{,}2\,\%_0.$$

Durch die Einführung eines Anfangsvolumens V ist die Größe des von h herrührenden Korrektionsgliedes auf den $\left(1 + \frac{Q}{q}\right)$ ten Teil herabgedrückt und kann bei

geeigneten Abmessungen des Apparates unberücksichtigt bleiben. Unter dieser Voraussetzung geht Gleichung I über in:

$$\text{IV.} \qquad v = h\left(\frac{V(1+\varepsilon)}{H} + q\right)$$
$$= h\,(Q+q) = h \cdot Q'$$

Ebenso günstig ist die Anordnung gegenüber den Korrektionen aus dem Barometerstand b, der Temperatur und der Dampfspannung. Ist s die Spannung des gesättigten Wasserdampfes bei t^0 und wird die der Schwefelsäurelösung nach Kohlrausch gleich 0,9 s gesetzt, so wird, wenn V vorher mit der äußeren Atmosphäre im Druck- und Temperaturgleichgewicht war, unter Berücksichtigung aller Korrektionen:

$$v = h \cdot \frac{Q'}{1+\alpha t}\left(1 + \frac{q}{Q'} \cdot \frac{h(1+\varepsilon)}{H} + \frac{q}{Q'} \cdot \frac{\Delta b - 0{,}9\,s}{760}\right)$$

wenn

$$\Delta b = b - 760$$

Durch ein hinreichend kleines $\frac{q}{Q'}$ läßt sich also auch der Einfluß des Barometerstandes und des Dampfdrucks beseitigen. Es bleibt zunächst:

$$v = h \cdot \frac{Q'}{1+\alpha t}$$

Wird nun der Wert von $\frac{Q'}{1+\alpha t}$ bei 15° mit Q_{15} bezeichnet, so erhält man:

$$v = h \cdot Q_{15} \cdot \frac{1+\alpha \cdot 15}{1-\alpha \cdot t}$$

oder hinreichend nahe:

$$v = h \cdot Q_{15}(1 - \alpha \cdot \Delta t)$$

wenn $\Delta t = t - 15$.

Wohl bei allen Versuchen wird die Arbeitstemperatur nahe genug an 15° liegen, um auch diese letzte Korrektion verschwinden zu lassen. So wird schließlich:

$$\text{V.} \qquad v = h \cdot Q_{15}$$

Die Apparatkonstante Q_{15} ist durch Eichung zu bestimmen.

Die Ausführung des Knallgasvoltameters ist folgende:

Das zylindrische Zersetzungsgefäß G (Fig. 2) kommuniziert mit dem kapillaren Manometerrohr R. Durch den Hahn H kann das abgesperrte Gasvolumen vor der Elektrolyse in Gleichgewicht mit der Außenluft gebracht werden.

Fig. 2.

Die Elektroden sind seitlich eingeführt. Da das Voltameter nur schwache Ströme aufzunehmen hat, bestehen sie aus Platindrähten, welche quer zur Achse nahe nebeneinander angeordnet sind. Die Stromzuleitung erfolgt durch Kupferdrähte, welche mit den Platinelektroden verlötet, in Glasröhrchen eingekittet und mit diesen durch Gummistopfen geführt sind (Fig. 3).

Fig. 3.

Das Manometerrohr, welches in Fig. 2 aus der Ebene der Zeichnung um 90° herausgedreht zu denken ist, trägt eine Millimeter-Teilung und ist ähnlich wie bei den Stabthermometern mit weißem Schmelzglase hinterlegt. Der Flüssigkeitsmeniskus steht am Nullpunkt der Teilung, wenn das Voltameter bis zu einer am Gefäß G angebrachten Eichungs-

marke gefüllt ist, welche ein bestimmtes, über der Flüssigkeit abgesperrtes Gasvolumen angibt.

Die Eichung des Instruments kann unmittelbar nach Coulombs erfolgen. Da 1 Coulomb 0,174 ccm Knallgas entwickelt, so ergibt sich nach Gleichung V für die Strommenge $i \cdot t$:

$$i \cdot t = h \cdot \frac{Q_{15}}{0{,}174} \qquad \text{und wenn} \quad \frac{Q_{15}}{0.174} = C_{15}$$

gesetzt wird:

$$\text{VI.} \qquad i \cdot t = h \cdot C_{15}$$

Bei einer etwa notwendig werdenden Temperaturkorrektion ist C_{15} durch

$$C_t = C_{15}(1 - \alpha \cdot \Delta t)$$

zu ersetzen, wo $\Delta t = t - 15$.

Mit Hilfe des beschriebenen Knallgasvoltameters erfolgt nun die Messung des elektrochemischen Äquivalents nach folgender Anordnung (Fig. 4), bei welcher beispielsweise eine Netzspannung von 110 Volt angenommen ist. Bei anderer Spannung der Elektrizitätsquelle sind lediglich die Ballastwiderstände anders zu bemessen.

Die Leitung führt von der positiven Klemme über den Umschalter u zum Voltameter V und dann zur Anode A des Coulombmeters. Die Kathode K desselben ist unter Zwischenschaltung eines Widerstandes (Kohlenfadenlampe 110 V 10 HK) mit der negativen Klemme verbunden. Das Coulombmeter kann durch den Nebenschluß N kurzgeschlossen werden.

Die Kathode K bildet gleichzeitig einen Zweig der Brückenverzweigung. Als Vergleichswiderstand dient der Widerstand r von beiläufig 1 Ohm. Abgegriffen wird durch den von der zweiten Klemme des Umschalters u kommenden Leitungsdraht. Die Stromlosigkeit des Diagonalzweigs zeigt das Nullinstrument G an, nach dessen Empfindlichkeit ein hinter dem Umschalter liegender Zusatzwiderstand (Lampe) bemessen wird.

Fig. 4.

Vor dem eigentlichen Versuche wird das Coulombmeter kurzgeschlossen und die Flüssigkeitssäule im Voltameter über die im Versuche zu erwartende Höhe hinaus emporgetrieben; bei der durch Wegfall des Coulombmeterwiderstandes gesteigerten Stromstärke ist hierzu nur eine geringere Zeit nötig. Nach Abschaltung der Spannung wird das im Voltameter abgesperrte Gasvolumen mittels des Hahnes H wieder mit der äußeren Luft in Gleichgewicht gebracht. Indem so die Wandung des Manometerrohres von der Flüssigkeit benetzt ist, wird bei der folgenden Messung ein glattes und gleichmäßiges Ansteigen erreicht.

Der Nebenschluß N wird nun unterbrochen, der Umschalter u in Meßstellung gebracht (in Fig. 4 punktiert) und die Brücke auf Stromlosigkeit eingestellt. Die abgelesenen Teile des Meßdrahtes seien a_1, b_1; man berechnet $\frac{a_1}{b_1} = \beta_1$ oder entnimmt den Wert einer Tabelle (z. B. bei Kohlrausch).

Hierauf wird u auf Elektrolyse umgelegt (Stellung der Figur). Nach einigen Minuten wird wieder umgeschaltet, das Voltameter abgelesen und an der Meßbrücke das neue Verhältnis $\frac{a_2}{b_2} = \beta_2$ bestimmt.

Damit ist der Versuch beendet.

Nach der früher abgeleiteten Gleichung für das elektrochemische Aquivalent e (diese Zeitschrift 1910, Heft 3) ist unter Berücksichtigung der oben aufgestellten Gleichung VI:

$$e = \frac{l^2 \cdot \mu \cdot s}{w_0'} \cdot \frac{r(\beta_1 - \beta_2)}{w_0' - r(\beta_1 - \beta_2)} \cdot \frac{1}{h \cdot C_{15}}$$

$$= A \cdot \frac{r(\beta_1 - \beta_2)}{B - r(\beta_1 - \beta_2)} \cdot \frac{1}{h \cdot Q_{15}},$$

worin die Coulombmeterkonstanten

$$A = \frac{l^2 \cdot \mu \cdot s}{w_0'} \quad \text{und} \quad B = w_0'$$

vorher bestimmte und bekannte Größen sind.

Beispiel:

$$A = 1{,}812; \quad B = 0{,}835; \quad r = 1 \text{ Ohm}$$

$$\text{Voltameterkonstante: } Q_{15} = 0{,}0613$$

$$C_{15} = \frac{Q_{15}}{0{,}174} = 0{,}352$$

Abgelesene Werte:

$$a_1 = 479, \quad b_1 = 521, \quad \beta_1 = 0{,}919$$

$$a_2 = 342, \quad b_2 = 658, \quad \beta_2 = 0{,}520$$

$$\beta_1 - \beta_2 = 0{,}399$$

$$h = 14{,}2 \text{ cm}.$$

Berechnung:

$$e = 1{,}812 \cdot \frac{1 \cdot 0{,}399}{0{,}835 - 1 \cdot 0{,}399} \cdot \frac{1}{14{,}2 \cdot 0{,}352}$$

$$= 0{,}332 \text{ mg/Coulomb}.$$

Fehlerkorrektion: $-0{,}8\,\%$.

Das im vorstehenden beschriebene Knallgasvoltameter, welches auf Messung der Druckzunahme im Zersetzungsgefäß beruht, ist unter Musterschutz gestellt und wird ebenso wie das früher angegebene Coulombmeter von Richard Müller-Uri, Braunschweig, geliefert.

Kleine Mitteilungen.

Kreiselregeln.

Von Prof. Dr. **Schicht** in Fiume.

Nachdem man am Bohnenbergerschen oder einem Fahrradkreiselapparat gezeigt hat, daß der ausbalancierte Kreisel gegen eine gewaltsame Änderung seiner Rotationsachse mit einer dazu normalen Ausweichung reagiert, die wiederum eine dazu normale, also jener gewaltsamen Achsendrehung entgegengesetzte Bewegungstendenz auslöst, erklärt man die Erscheinung an einem Modell, das aus einer weiß lackierten kreisrunden Holzscheibe besteht, die um eine durch ihren Mittelpunkt gehende polare Achse MN drehbar ist (s. Fig.). Der eine Endpunkt der Achse ist an einem geeigneten Stativ so angebracht, daß die Achse gehoben und gesenkt und auch im Kreise herumgeführt werden kann; der andere Endpunkt der Achse trägt einen um diese drehbaren Pfeil. An den Enden eines senkrechten und eines wagerechten Durchmessers sind am Umfang der Scheibe je drei verschieden gefärbte Pfeile so angebracht, daß sie um den betreffenden Durchmesser gedreht werden können, während ihre Länge so bemessen ist, daß man aus ihnen ein Kräfteparallelogramm bilden kann.

Nun zeigt man mit Hilfe der Pfeile in bekannter Weise, wie ein Heben oder Senken, Rechts- oder Linksschieben des freien Achsenendes Kraft- bzw. Geschwindigkeitskomponenten hervorruft, die ihrerseits wieder neue, der aufgezwungenen Bewegung entgegenwirkende Bewegungstendenzen erzeugen.

Die Kreiselwirkungen lassen sich nun in folgende bequeme Regeln fassen, die am Modell leicht verifiziert werden können.

1. Man stellt den Pfeil am freien Achsenende so, daß er die der Kreiselachse aufgezwungene Bewegung anzeigt. Wird er im Sinne der Kreiseldrehung um 90° umgelegt, so zeigt er die Richtung der Präzessionsbewegung an, eine abermalige Umlegung um 90° im gleichen Sinne gibt die Reaktion gegen die aufgezwungene Bewegung.

2. Man bildet aus Daumen, Zeige- und Mittelfinger der rechten Hand ein rechtwinkliges Achsenkreuz und denkt dasselbe so in den Kreisel gelegt, daß der Daumen nach dem positiven Ende der Kreiselachse, der Zeigefinger nach dem positiven Ende jener Achse zeigt, um welche die gewaltsame Drehung der Kreiselachse erfolgt. Dann gibt der Mittelfinger das positive Ende der Achse der Präzessionsbewegung an.

Als positiv gilt dabei jenes Achsenende, von dem aus die Drehung entgegen dem Uhrzeigersinne erscheint. Andernfalls hätte man statt der rechten die linke Hand zu nehmen.

3. Sinkt das eine Achsenende (etwa infolge der Schwerkraft), so weicht es im Sinne der Bewegung des untersten Scheibenpunktes aus, im entgegengesetzten Falle im Sinne des obersten Scheibenpunktes.

4. Ist der Kreisel, wenn er sich nicht dreht, im labilen Gleichgewicht, so präzessiert er im Sinne seiner Drehung; ist er im stabilen Gleichgewicht, so präzessiert er entgegen seiner Drehung.

5. Die allgemeinste Regel ist die Tendenz des Kreisels zum gleichsinnigen Parallelismus, d. h. der Kreisel sucht seine Drehachse so zu stellen, daß seine Rotation mit der ihm aufgezwungenen Drehung übereinstimmt.

Die Behandlung der achromatischen Prismen in den Lehrbüchern der Physik.

Von Dr. **Schäfer** in Friedberg i. H.

Die achromatischen Prismen finden nirgends eine praktische Verwendung. Dennoch muß im Unterricht aus methodischen Gründen der Durchgang der Lichtstrahlen durch solche Prismen behandelt werden, um das Verständnis der für die technische Optik so wichtigen achromatischen Linsen zu ermöglichen.

Unterzieht man das Kapitel „achromatische Prismen“ in unsern Lehrbüchern einer eingehenderen Betrachtung, so findet man zunächst, daß die zur Veranschaulichung des Strahlengangs gezeichneten Figuren mitunter beträchtlich voneinander abweichen. Prüft man die Zeichnungen dann weiter auf ihre Richtigkeit, so wird man eine einwandfreie Konstruktion kaum finden. Von den Lehrbüchern scheiden hier diejenigen aus, die auf eine zeichnerische Darstellung des Strahlenverlaufs verzichten, wie Grimsehl, Warburg, Sumpf. Von den anderen, die über unsern Gegenstand eine Figur enthalten, waren mir die Werke von Müller-Pouillet, Poske, Kleiber, Donle und Waeber-Unverricht zur Hand. In dem Lehrbuch von Donle vereinigen sich die in der Prismenkombination getrennt laufenden roten und violetten Strahlen in einem Punkt der Rückfläche des Flintglases zu einem austretenden weißen Strahl. Das ist offenbar falsch, denn der violette Strahl muß beim Austritt stärker abgelenkt werden als der rote, ganz abgesehen davon, daß der Einfallswinkel, unter dem er die Rückfläche des Flintglasprismas trifft, an sich schon größer ist als der des roten Strahls. Der Donleschen Darstellung widerspricht auch die Beschaffenheit des mittels

achromatischer Prismen experimentell erzeugten Spaltbildes, das zwar weiß erscheint, dagegen immer noch einen an sich sehr schmalen, aber doch deutlich erkennbaren roten und einen violetten Rand besitzt. Dieser Tatsache tragen die übrigen angeführten Lehrbücher Rechnung, indem sie einen roten und einen zu ihm parallelen violetten Strahl austreten lassen. Bei Waeber-Unverricht liegt der Fehler darin, daß die Lichtstrahlen beim Übergang vom Kronglas- zum Flintglasprisma vom Lot weg gebrochen werden, während Flintglas doch optisch dichter als Kronglas ist. So ist nach Poske der Brechungsindex der D-Linie für Luft und Kronglas 1,530, für Flintglas 1,635, der relative Brechungskoeffizient beider Medien, der durch Division der Werte der absoluten Brechungsquotienten erhalten wird, demnach 1,069. Diese Zahl weicht nur wenig von 1 ab, ist aber immerhin größer als 1, d. h. der Lichtstrahl wird beim Übergang von Kron- in Flintglas nur sehr wenig in seiner Richtung verändert, und zwar zum Einfallslot hin gebrochen. Die Strahlen könnten also höchstens geradlinig durch die Prismen hindurchgezeichnet werden, eine Brechung vom Lot weg dagegen ist unrichtig und wirkt verwirrend. Will man den wahren Strahlenverlauf andeuten, so muß eine Ablenkung zum Lot hin erfolgen. (Siehe die Fig.)

Eine derartige Zeichnung wird allerdings die tatsächlich auftretenden Richtungsveränderungen übertrieben darstellen, das ist aber schon bei jeder Figur der Fall, die die Strahlenbrechung im einfachen Prisma zum Ausdruck bringen will. Bei Müller-Pouillet, Poske, Kleiber sind die beiden Prismen durch eine planparallele Luftschicht getrennt. Die aus dieser Schicht in das Flintglasprisma eintretenden Strahlen sind zwar dem Lot zu gebrochen, doch ist der benutzte Brechungswinkel größer als der an der Rückfläche des Kronglases vorhandene Einfallswinkel, so daß auch hier beim Zusammenschrumpfen der Luftschicht auf die Dicke 0 die Strahlen beim Übergang von Kron- in Flintglas vom Lot abgebrochen erscheinen, also der gleiche Fehler vorliegt wie bei Waeber-Unverricht.

Ferner sind in den angeführten Werken die im Flintglas verlaufenden Strahlen parallel gezeichnet, zum mindesten ist ein deutlicher Richtungsunterschied nicht zu erkennen. Da aber erst die austretenden Strahlen gleichgerichtet sein sollen, muß wegen der größeren Brechbarkeit von violett der Einfallswinkel dieses Strahles an der Rückfläche des Flintglases kleiner als der des roten sein. In der beigegebenen Figur sind die im Flintglas verlaufenden Strahlen schwach divergent gezeichnet, doch ist diese Divergenz nur dann vorhanden, wenn der auf das Kronglas auftreffende Lichtstrahl einen größeren Einfallswinkel besitzt. Für kleinere Einfallswinkel dagegen verlaufen die Strahlen schwach konvergent. In diesem Fall liegen nämlich die Einfallswinkel der beiden die Rüchfläche des Flintglasprismas treffenden Strahlen oberhalb des Lotes. Diese Strahlenwege ergeben sich, wenn man einen Lichtstrahl unter bestimmten Einfallswinkeln auf das Kronglas auftreffen läßt und dann für den roten und den violetten Strahl die verschiedenen Einfalls- und Brechungswinkel berechnet. Den Berechnungen wurden Prismen mit den brechenden Winkeln von 60° bzw. 35° zugrunde gelegt und die für die Winkel am Prisma geltenden Relationen benutzt.

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Versuche zur Elektrolyse. [1]) Von E. Grimsehl (*Unterrichtsbl. für Math. und Naturwissensch. 1913. Nr. 1*).

1. Hilfsapparat zur Ausführung elektrolytischer Versuche. Der Apparat besteht aus einem etwa 30 cm langen und 10 cm breiten Grundbrett (Fig. 1), auf dessen äußeren Enden zwei Messingstangen befestigt sind, die am unteren Ende zwei Klemmschrauben tragen; die eine von diesen dient zur Zuleitung des elektrischen Stromes, die andere zur etwaigen Einschaltung eines Voltmeters. Auf jeder der beiden Stangen ist verschiebbar eine Klemmhülse mit einer horizontalen Bohrung angebracht, in die ein Messingstab eingeschoben wird. Das äußere Ende dieses Messingsstabes trägt eine zylindrische Klemmhülse, in die Elektroden passender Form bequem eingesetzt werden können. Eine dieser Elektroden ist in Fig. 2 abgebildet. Sie besteht aus einer Messinghülse *H*, die am oberen Ende dünner abgedreht ist, so daß sie mit ihrem Ansatzstücke *A* in die zylindrischen Endstücke des Stativs paßt. In die Hülse *H* ist ein Glasrohr eingekittet, durch dessen Bohrung die Zuleitung zur eigentlichen Elektrode führt. Die Elektrode, in Fig. 2 ein Platinblech *E*, sitzt an einem Platindraht, der durch Hartlot an der Stelle *L* mit einem Kupferdraht *K* sicher und leitend verbunden ist. Der Kupferdraht *K* führt durch die Bohrung der Hülse *H* und des Ansatzstückes *A* und wird im oberen Ende durch einen Tropfen Lötzinn mit der Hülse metallisch verbunden. Der Platindraht ist an dem unteren Ende des Glasrohres eingeschmolzen. In Fig. 1 sind in die zylindrischen Endstücke des Apparates Elektroden eingesetzt, die an ihren Enden horizontale Platindrähte tragen. Die Elektroden lassen sich außerordentlich leicht auswechseln sowie auch in beliebiger Höhe und in beliebigem Abstand voneinander in den Elektrolyten einsetzen.

Fig. 1.

Fig. 2.

Der in Fig. 1 dargestellte Versuch zeigt die Konzentrationsänderungen, die durch die Elektrolyse von konzentrierter Zinkchloridlösung entstehen. Zu Beginn des Versuches wird die linke Elektrode mit dem negativen, die rechte Elektrode mit dem positiven Pol einer Stromquelle verbunden. Dadurch scheidet sich links metallisches Zink ab, während rechts Chlor aufsteigt. Nach ungefähr zwei Minuten wird der Strom unterbrochen und dann im entgegengesetzten Sinne eingeschaltet. Dann findet durch die Auflösung des Zinks an der nunmehrigen Anode eine Konzentrationszunahme der Zinkchloridlösung statt und die konzentrierte Lösung sinkt nach unten. Durch die Abscheidung des Zinks an der Kathode dagegen findet eine Konzentrationsabnahme statt und die leichter gewordene Zinkchloridlösung steigt in die Höhe. Die photographische Aufnahme von Fig. 1 ist nach der Töplerschen Schlierenmethode ausgeführt; jedoch zeigt sich auch bei der gewöhnlichen Projektion die Konzentrationsänderung in genügend deutlicher Weise.

2. Bildung von Natriumamalgam. Ein planparalleles Gefäß wird mit konzentrierter Kochsalzlösung gefüllt. Als Anode dient eine Platinblech-Elektrode (Fig 2). Als Kathode dient eine Elektrode von der in Fig. 3 gezeichneten Art. Bei dieser ist das Glasrohr nach oben umgebogen und kelchförmig erweitert; das kelchförmige Gefäß wird mit Quecksilber bis zum oberen Rande gefüllt. Führt man die Elektrolyse vor dem Projektionsapparat aus, so läßt sich gut beobachten, wie sich das Quecksilber an der oberen Fläche mit einer matten Schicht bedeckt. die

[1]) Von den a. a. O. beschriebenen Versuchen sind hier nur die bemerkenswerteren mitgeteilt.

allmählich immer mehr herausquillt, zum Teil überfließt und sich auf dem Boden des Gefäßes ansammelt. Nach fünf bis zehn Minuten nimmt man die mit Natriumamalgam gefüllte Elektrode heraus und entleert sie in ein Kelchglas, das mit Wasser gefüllt ist, dem man einige Tropfen Phenolphthaleïn-Lösung zugefügt hat. Man beobachtet nun gleichzeitig eine Wasserstoffentwicklung und eine Rotfärbung des Phenolphthaleïns, also die Bildung von Natriumhydroxyd.

Hg

Fig. 3.

3. Sekundäre Elektroden. Nahe an den Enden eines etwa 20 cm langen planparallelen Gefäßes führt man zwei Elektroden so ein, wie Fig. 4 zeigt. Außerdem bringt man in den Raum zwischen die Elektroden zwei Hilfselektroden auf besonderen Stativen. Die an diesen befindlichen Klemmschrauben sind durch Drähte mit einem Schalter verbunden. Solange der Schalter geöffnet ist, beobachtet man nichts außer der Elektrolyse, die an den beiden Hauptelektroden stattfindet. In dem Augenblick aber, wo man den Schalter schließt, entwickeln sich auch an den beiden Hilfselektroden Gasblasen, und zwar an der Elektrode, die der Hauptkathode zugewandt ist, Sauerstoff, und an der, die der Hauptanode zugewandt ist, Wasserstoff. Wenn nämlich die beiden Hilfselektroden leitend verbunden werden, so findet auch durch den Verbindungsdraht ein Ausgleich der Potentialdifferenz statt. Es fließt dann ein Strom durch den Draht, der dadurch zustande kommt, daß Ionen, die von der Kathode fortwandern, auf die der Kathode zugewandte Hilfselektrode treffen, hier ihre Ladung abgeben, und da sie als Ionen nicht mehr frei bestehen können, als Gasmolekeln aufsteigen. In derselben Weise erklärt sich die Entstehung des Wasserstoffs an der der Hauptanode zugewandten Hilfselektrode.

Fig. 4.

Man kann auch einfach so in den Raum zwischen die beiden Elektroden einen Draht hineinlegen oder mittels eines Glasstabes festhalten, so daß der Strom teilweise durch diesen Draht fließt. Man beobachtet dann, daß an den Enden lebhafte Gasentwicklung stattfindet.

Führt man denselben Versuch mit einer Metallsalzlösung aus, z. B. mit einer Lösung von Zinkchlorid, und legt man in den Zwischenraum zwischen die beiden Hauptelektroden einen dünnen Zinkdraht oder einen langen, von einem dünnen Zinkblech abgeschnittenen Schnitzel, so wird der Draht an dem der Hauptkathode zugekehrten Ende durch das sich hier abscheidende Chlor gewissermaßen aufgefressen, während an dem gegenüberliegenden Ende sich Zink aufs neue abscheidet. Es macht fast den Eindruck, als wenn der Draht allmählich von der einen Elektrode zur andern Elektrode hinüberwanderte. Die Erscheinung wird besonders auffallend, wenn man die Elektrolyse in dem weiter unten beschriebenen Apparat zur Horizontalprojektion vornimmt und nur kleine Stückchen von Zink zwischen den Elektroden liegen läßt. Diese wandern dann scheinbar von der Anode zur Kathode.

4. Elektrolytische Darstellung von Bleichlauge. Läßt man bei der Elektrolyse von Natriumchloridlösung das Chlor durch das mit Natriumhydroxyd vermischte Kochsalz hindurchgehen, so bildet sich Natriumhypochlorit, dessen Lösung als Bleichlauge in den Handel kommt. Will man das Natriumhypochlorit oder die Bleichlauge direkt gewinnen, so kann man sich des in Fig. 5 abgebildeten Apparates bedienen. Er besteht aus zwei zylindrischen Glasrohren von etwa 4 cm Durchmesser und 30 cm Länge, die an den beiden Enden verjüngt sind und einige seitliche Glasrohransätze tragen. Die beiden mittleren seitlichen Ansatzstücke befinden sich in gleicher Höhe und werden durch Gummischläuche verbunden; ferner werden sie hier an einem passenden Stativ befestigt. Von den anderen Ansatzrohren dienen die oberen zur Ableitung der sich etwa entwickelnden Gase und das untere zum Abzapfen der Flüssigkeit. Das rechte Rohr ist der eigentliche elektrolytische Apparat. Von oben taucht an einem langen, in ein

Glasrohr eingeschmolzenen Draht ein Platinblech bis etwa in die Mitte des Rohres. Von unten geht durch einen Gummikorken hindurch ein Kohlenstift. Das Platinblech wird zur Kathode und der Kohlenstift zur Anode

Fig. 5.

gemacht. Beide Rohre werden bis zu der aus Fig. 5 ersichtlichen Höhe mit konzentrierter Kochsalzlösung gefüllt. Das linke Rohr dient als Kühlrohr; es ist ein Liebigscher Kühler mit Innenkühlung; durch seine Achse geht ein Glasrohr hindurch, das dauernd von einem Strom kalten Wassers durchströmt wird. Wenn der elektrische Strom an die beiden Elektroden in dem rechten Rohr angeschlossen ist, so bildet sich an der oberen Elektrode Natriumhydroxyd, während der entstehende Wasserstoff durch das Ansatzrohr rechts oben in die Luft entweichen oder zu anderen Zwecken verwendet werden kann. Das bei der Elektrolyse an der Anode entwickelte Chlor muß nun aufsteigen und durchsetzt hier bei die ganze Schicht, die zum Teil aus Natriumchloridlösung, zum Teil aus einer Lösung von Natriumhydroxyd besteht. Das Chlor wirkt hier unmittelbar auf das Natriumhydroxyd ein und bildet Natriumhypochlorit. Infolge der aufsteigenden Chlorbläschen, die aber gar nicht bis zum oberen Niveau gelangen, und vermöge der entwickelten Stromwärme findet von selbst eine Zirkulation der Flüssigkeit statt, so daß diese in dem rechten Gefäß dauernd in die Höhe steigt, in dem oberen Querrohr nach links fließt, dann im Kühlrohr nach unten zieht und durch das untere Querrohr nach rechts wieder abfließt. Im linken Rohr wird die Flüssigkeit auf diese Weise dauernd gekühlt, und man kann den Strom stundenlang einschalten, ohne daß eine schädliche Erwärmung eintritt. Für den Unterricht genügt es, den Versuch etwa eine Viertelstunde verlaufen zu lassen, dann kann man durch das untere Rohr schon so viel Bleichlauge ablassen, daß die Entfärbung von Indigolösung direkt sichtbar gemacht werden kann.

5. Horizontale Anordnung elektrolytischer Versuche und Horizontalprojektion. Der hierfür dienende Apparat (Fig. 6) besteht aus einem niedrigen Glaskasten von etwa 1 cm Höhe und 10 cm Kantenlänge, der aus Spiegelglasplatten zusammengekittet ist; er steht auf einem Holzbrett, das so weit ausgeschnitten ist, daß der Kasten von unten durchsichtig ist. Auf dem Holzbrett sind zwei Klemmschrauben angebracht, die zwei Stangen mit Klemmschrauben tragen, an denen eine Drahtelektrode und eine Blechelektrode angebracht sind. Der Apparat wird auf den Objekttisch eines für Horizontalprojektionen geeigneten Projektionsapparates gesetzt, den man sich übrigens außerordentlich einfach nach Art von Fig. 7 aus einer Liliputbogenlampe, einem Stativ mit zwei unter 45° geneigten Spiegeln (der

Fig. 6.

obere versilbert) und einem Projektionsobjektiv oder einer einfachen Konvexlinse herstellen kann. Besonders hübsch gestaltet sich die elektrolytische Abscheidung der Me-

talle aus ihren Lösungen, z.B. von metallischem Zink aus einer Zinkchloridlösung, wobei die Blechelektrode in Fig. 6 aus Zinkblech besteht. Die außerordentlich starken Verästelungen, mit denen die einzelnen Zinkkristalle sich aneinanderreihen, sind nur bei einer derartigen Horizontalprojektion schön zu sehen

Fig. 7.

(Fig. 8). Man muß die Schicht des Zinkchlorids sehr dünn, etwa nur 1 mm dick, nehmen, damit nicht das Zink nach oben wandert und auf diese Weise die Projektion unscharf macht. Schaltet man, nachdem der Versuch einige Zeit stattgefunden hat, den Strom um, so daß nun die eintauchende Platinspitze zur Anode und das Zinkblech zur Kathode wird, so wird der Zinkbaum wieder aufgelöst, die einzelnen Zweige ziehen sich zurück, und in dem Momente, wo die letzte Spur des Zinks verschwunden ist, tritt an der Platinelektrode eine lebhafte Gasentwicklung auf.[2])

Fig. 8.

[2]) Die beschriebenen Apparate werden von A. Krüß, Hamburg, Adolfsbrücke 7, und Gebr. Ruhstrat, Göttingen, nach Angaben des Verfassers hergestellt und in den Handel gebracht.

Zwei Versuche über den Trägheitswiderstand des Wassers. Von L. Wunder (*Monatshefte für den naturw. Unterr. 1913, Nr. 1*). 1. Ein starkwandiges Elementenglas wird bis 1 cm unterhalb des Randes mit Wasser gefüllt (s. Abb.). Dann legt man auf die Oberfläche des Wassers ein kreisrundes Stück von dünnem (0,3 mm) Zink- oder Kupferblech, welches beiderseits auf den Kopfhaaren abgerieben wurde, damit es etwas fettig ist. Es schwimmt vermöge der Oberflächenspannung. Man zeigt zunächst durch Auflegen eines 10-Grammstücks, daß ein ganz leichter Druck genügt, um das Blech zum Sinken zu bringen. Dann bringt man es abermals zum Schwimmen und bedeckt das Glas mit einer Holzleiste, durch welche ein 5 cm langer Nagel so gesteckt ist, daß er die Oberfläche des schwimmenden Blechs eben berührt. Die Spitze des Nagels wurde vorher scharf geschliffen oder gefeilt. Nun schlägt man mit einem Hammer kurz und scharf auf den Nagel: er dringt durch das schwimmende Blech. Die Holzleiste darf 2 cm dick sein. Das Blech soll um 1 cm allerseits vom Glase abstehen.

2. Ein Stück Zinkblech von 20×18 cm Ausmessung wird wie ein Ruder an einen 50 cm langen Holzstab von 1 bis $1^1/_2$ cm Dicke genagelt. Unmittelbar oberhalb des Blechs nagelt man ein Querholz von 40 cm Länge an den Stab, so daß es in die Ebene des Blechs fällt. Dann senkt man die Vorrichtung so in einen mit Wasser ganz gefüllten Eimer, daß das Querholz als horizontale Drehungsachse auf dem Rand des Eimers aufliegt und neben den beiden Henkelösen des Eimers ein seitliches Widerlager findet, welches es gegen ein seitliches Ausgleiten, wenigstens in einer Richtung, schützt. Drückt man nun seitwärts gegen das herausragende Ende des Ruders (die Druckrichtung ist senkrecht zur Fläche des Ruders), so dreht sich das Ruder um seine horizontale Achse. Führt man aber mit einem Holzknüppel in derselben Rich-

tung einen raschen, kräftigen Schlag, so bricht das Ruder ab, ohne sich im Wasser zu regen.

Große Magnetnadeln. Im Anschlusse an die Mitteilung von W. Merkelbach im 3. Heft dieses Jahrgangs (S. 166) werden wir auf ähnliche Magnetnadeln aufmerksam gemacht, die H. KELLERMANN in der *Zeitschr. f. Lehrmittelwesen u. pädagog. Literatur 1911, Nr. 9* beschrieben hat. Man nimmt Bandstahl von etwa $1^1/_2$ cm Breite und solcher Dicke, daß es sich noch mit einer Handblechschere schneiden läßt. Man schneidet zwei gleiche Stücke von 20 bis 25 cm Länge ab, magnetisiert sie durch Streichen an den Polen eines kräftigen Magnetes und bindet sie, indem man die gleichen Pole aufeinanderlegt, mit farbiger Seide fest zusammen. Drückt man sie dann in der Mitte mit einem Schraubenzieher auseinander, so kann man ein kurzes, an einem Ende zugeschmolzenes Glasröhrchen einklemmen, das als Hütchen dient. Die Nadeln sind genügend empfindlich und vermöge ihrer Länge und Breite in der ganzen Klasse deutlich sichtbar.

2. *Forschungen und Ergebnisse.*

Die Messung sehr kleiner Drucke. Von W. HEUSE. (Originalbericht). Zur Messung der mit den neueren Luftpumpen hergestellten kleinen Drucke werden je nach deren absolutem Betrag verschiedene Methoden befolgt. Handelt es sich um noch verhältnismäßig große Beträge, so bestimmt man direkt die Höhe der Quecksilbersäule, die dem Gasdruck das Gleichgewicht hält, und zwar verwendet man, sobald größere Genauigkeit erforderlich ist, hierbei ein Kathetometer, am besten ein solches, das mit zwei Ableserohren versehen ist. Die zu messende Niveaudifferenz wird hierbei durch Okularmikrometer festgehalten und unter Drehung der Kathetometersäule auf einen neben dem Manometer aufgestellten Normalmaßstab übertragen. Um die schwierige und unsichere Einstellung auf die spiegelnden Quecksilberkuppen zu erleichtern, wird empfohlen, das Manometerrohr mit schräg schraffiertem Papier zu hinterlegen. Auf die Spitzen, in denen die Striche und ihre Spiegelbilder zusammenstoßen, kann leicht eingestellt werden. Trotzdem wird die so erreichbare Ablesegenauigkeit wegen der Abweichung der Manometerröhren von der Zylinderform und der im Glase stets vorhandenen Schlieren einige hundertstel Millimeter nicht überschreiten. Man muß deshalb, wenn größere Genauigkeit erforderlich ist, zur Bestimmung kleiner Drucke andere Methoden verwenden. Besonders einfach und vielfach brauchbar ist das von Mc Leod angegebene Verfahren. Man komprimiert das in einem Teil des Gasraumes befindliche Gas auf einen bekannten Bruchteil seines Volumens. Nach dem Mariotteschen Gesetz ändern sich Volumen v und Druck p einer abgegrenzten Gasmenge in der Art, daß das Produkt $p.v$ konstant bleibt. Hat man also das Gas von seinem ursprünglichen Volumen v_0 auf das viel kleinere Volumen v_1 komprimiert, welches das Gas unter dem Drucke p_1 erfüllt, so kann der ursprüngliche Druck p_0 aus der Gleichung $p_0 v_0 = p_1 v_1$ berechnet werden. Nach dieser Methode bestimmt man Drucke von $\frac{1}{100\,000}$ mm Quecksilber unter Verwendung einer Kompression auf den $\frac{1}{1\,000\,000}$ Teil des Volumens, also auf einen Druck von 10 mm, der bequem an einer Skala gemessen werden kann. Die gebräuchliche Form des Mc Leod-Manometer ist nebenstehend (Fig. 1) abgebildet. Es besteht aus einer Kugel bekannten Volumens v, auf welche eine mit Teilung versehene Kapillare k aufgesetzt ist. Das Rohr g bildet die Verbindung mit dem Rezipienten. Dem Rohre g ist eine mit Teilung versehene Kapillare k', die das gleiche Kaliber wie die Kappillare k hat, parallel geschaltet. v kann von der Niveau-

Fig. 1.

kugel N aus mit Quecksilber gefüllt werden, bis das ursprüngliche unter dem Druck p_0 befindliche Gas in der kalibrierten Kapillare k auf den Druck p komprimiert ist. Der Druck p ist gleich der Niveaudifferenz der Quecksilberkuppen in den Kapillaren k und k'.

Wie schon erwähnt, ist Voraussetzung für die Zulässigkeit der McLeodschen Meßmethode die Gültigkeit des Mariotteschen Gesetzes im Bereich auch der kleinsten zu messenden Drucke. Daß diese besteht, war an und für sich durchaus wahrscheinlich, sie wurde jedoch durch eine Beobachtung von Bohr, der Anomalien bei Sauerstoff bei einem Druck von etwa 0,5—1 mm zu finden glaubte, und vor allem durch eine ausgedehnte Untersuchung von Baly und Ramsay in Frage gestellt. Diese beiden Forscher kamen zu dem Resultat, daß verdünnte Luft, die in einem McLeodschen Manometer komprimiert wurde, der Bedingung $pv =$ const nicht genügte. Die Abweichungen von diesem Gesetz waren für verschiedene Manometer verschieden, und um so größer, je weiter die Kompression fortschritt. Baly und Ramsay suchten den Grund für diese scheinbare Abweichung der Luft vom Mariotteschen Gesetz, die sie übrigens für Wasserstoff nicht beobachten konnten, in Oberflächeneinflüssen.

Dagegen fand Lord Rayleigh, welcher mit Drucken zwischen 0,01 und 1,5 mm und mit Kompressionen vom Einfachen auf das Fünffache in weiten Gefäßen arbeitete, das Mariottesche Gesetz für Stickstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bis auf 0,001 mm Druck voll bestätigt. Er zog aus seinen Resultaten den Schluß, daß sie den üblichen Gebrauch des McLeodschen Manometers für Stickstoff und Wasserstoff und, soweit die Bohrsche Anomalie nicht störend einwirke, auch für Sauerstoff rechtfertigten.

Im Zusammenhang mit der Diskrepanz zwischen den Ergebnissen von Baly und Ramsay einerseits, Lord Rayleigh andererseits war eine Untersuchung Herings von Interesse, welcher fand, daß das Mariottesche Gesetz für Anfangsdrucke von 0,05 bis 1 mm und Kompressionen auf etwa $^1/_{25}$ des Volumens und bei einer Mindestrohrweite von 10 mm gültig blieb, aber wenig oder gar nicht befolgt wurde, wenn die Luft in Kapillaren von etwa 0,7 und 1,5 mm Weite komprimiert wurde.

Hiernach schien es, daß das Mariottesche Gesetz auch bei kleinen Drucken zwar gültig sei, daß aber Abweichungen von ihm durch sekundäre Oberflächeneffekte leicht vorgetäuscht würden, zumal, wenn das Verhältnis von Oberfläche zu Volumen der benutzten Räume, wie etwa bei Kapillaren, groß wäre. Um diese für die Messung kleiner Drucke grundlegende Frage zu klären, wurde vor einigen Jahren in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt von Scheel und Heuse eine systematische Untersuchung durchgeführt.

Man ging davon aus, das Mariottesche Gesetz bei Kompressionen in weiten Gefäßen zu prüfen, wobei die mit den Volumänderungen verbundenen Druckänderungen mit einem von Rayleigh erdachten und für den vorliegenden Zweck konstruktiv verbesserten Neigemanometer direkt in Quecksilberhöhen bestimmt wurden. Die Ergebnisse Lord Rayleighs wurden hier durchaus bestätigt. Brachte man nun in das Volumenometer Glaswolle in solcher Menge, daß das Verhältnis von Oberfläche zu Volumen in ihm das gleiche war wie in einer Kapillaren von etwa $^1/_4$ mm Weite, so zeigten sich kurz nach dem Zusammensetzen des Apparates die von Baly und Ramsay beobachteten Abweichungen vom Mariotteschen Gesetze; diese verschwanden aber, sobald man durch scharfes Trocknen alle Spuren von Wasserhaut von den Glasoberflächen entfernt hatte, und konnten durch Einbringen von Feuchtigkeit willkürlich in jeder Größe wieder hervorgebracht werden.

Die Gesamtheit der Beobachtungsergebnisse berechtigt zu der Annahme, daß die scheinbaren Abweichungen der Luft vom Mariotteschen Gesetz auf der Bildung einer Wasserhaut auf den Oberflächen im Innern der Kompressionsgefäße beruhten, nach deren Entfernung sie verschwanden.

Dieser Schluß legte die Vermutung nahe, daß die Brauchbarkeit des McLeodschen Vakuummeters in hohem Grade durch die Anwesenheit von Feuchtigkeit bzw. einer Wasserhaut beeinträchtigt wird.

Vergleichungen zwischen einem direkt messenden Neigemanometer und einem McLeod-Manometer bei variablem Feuchtigkeitsgehalt ergaben dann auch, daß das McLeodsche Manometer sehr wohl zur exakten Messung kleiner Drucke in atmosphärischer Luft zu brauchen ist, nur muß sorgfältig alle Feuchtigkeit aus der Luft und von den Glaswänden entfernt werden. Bei einem Manometer aus Thüringer Glas mit 0,6 mm weiten Kapillaren, welches vor Inbetriebsetzung und vor Zuschmelzen der Kapillare sorgfältig

mit konzentrierter Salpetersäure und destilliertem Wasser gereinigt ist, genügt hierfür eine halbstündige Verbindung mit Phosphorpentoxyd unter niedrigem Druck. Es genügt aber nicht bei Anwendung schnell wirkender Pumpen die Verbindung mit dem Trockenmittel nur während der Zeit des Pumpens. Druckmessungen, welche 10 Minuten nach Inbetriebsetzung einer solchen Pumpe mit dem Mc Leodschen Manometer vorgenommen werden, führen notwendigerweise zu falschen Druckwerten, die um so unrichtiger sind, je höher die Kompression der Luft bei der Messung getrieben wird.

Die Resultete galten zunächst nur innerhalb des benutzten Druckintervalls abwärts bis 0,01 mm Hg. Unterhalb 0,01 mm ließen sich die Drucke mit dem Rayleighschen Manometer nicht mehr mit der genügenden Genauigkeit messen. Es war deshalb für das Gebiet noch kleinerer Drucke die Konstruktion eines empfindlicheren Instrumentes notwendig, für dessen Wirkungsweise jedoch etwas andere Gesichtspunkte maßgebend sein mußten wie beim Rayleighschen Manometer.

Während jenes Instrument dadurch zu einem absoluten wurde, daß es möglich war, den Ausgangsdruck auf einen für das Instrument unmerklichen Betrag zu erniedrigen, also einen Druck herzustellen, der praktisch vom Vakuum nicht zu unterscheiden war, versagte dies Mittel bei niedrigeren Drucken. Denn selbst bei der Verwendung der modernen Hilfsmittel zur Herstellung niedrigster Drucke war keine Gewähr dafür gegeben, daß der erreichte Druck gegen den zu messenden vernachlässigt werden durfte. Hier boten sich nun zwei Wege dar. Entweder man bestimmte den sehr kleinen Residualdruck, den die Luftpumpen noch übrig gelassen hatten, analog der McLeodschen Methode durch Kompressionen, die aber nur gering sein durften, damit eventuell durch Absorption des Gases entstehende Fehler möglichst vermieden würden, und fügte ihn zu dem vom Residualdruck aus gemessenen Druck als Korrektion hinzu; oder aber man verzichtete auf die Kenntnis des Residualdruckes überhaupt und leitete gleich den ganzen Druck aus der Beobachtung von Druckänderungen bei Kompressionen ab. Den letzteren Weg schlug man namentlich bei kleinen Drucken, welche von der Ordnung der Korrektion selbst waren, ein. In jedem Falle war aber die Kenntnis der Beziehung zwischen Druck und Volumen einer eingeschlossenen Gasmenge bis zu kleinsten Drucken erforderlich, und ob diese durch das Mariottesche Gesetz dargestellt wurde, mußte erst nachgewiesen werden.

Zu dieser Untersuchung wurde ein Membranmanometer (Fig. 2) benutzt, welches aus einem flachzylindrischen, eisernen, innen vernickelten Kasten *g d* von 26 cm Durchmesser bestand. Der Hohlraum dieses Kastens war durch eine durch elektrische Erwärmung enthärtete Kupfermembran *m* von 0,03 mm Dicke in zwei Kammern geteilt, die mit den Räumen in Verbindung standen, deren Druckdifferenz gemessen werden sollte. Die Empfindlichkeit einer solchen Membran war derartig, daß eine Druckänderung von $^1/_{1000}$ mm Quecksilber in der einen Kammer eine Durchbiegung der Membranmitte um $^1/_{1000}$ mm hervorrief.

Fig. 2.

Die Eichung des Membranmanometers bestand in einer Vergleichung mit dem Rayleighschen im Druckbereich zwischen 0,1 bis 0,001 mm Quecksilber. In diesem Druckbereich zeigten sich die Durchbiegungen den Druckdifferenzen direkt proportional; es war also zulässig, den gefundenen Reduktionsfaktor auch zur Berechnung von Drucken $< 0{,}001$ mm Quecksilber zu verwenden.

Die Durchbiegung der Membran wurde mit Hilfe von Fizeauschen Interferenzstreifen sichtbar gemacht, die man zwischen zwei planen Glasplättchen erzeugte. Von diesen lag das eine p_3 lose auf der Mitte der Membran, das andere p_2 war am Manometerkasten justierbar befestigt. Da einer Durchbiegung von $^1/_{1000}$ mm eine Verschiebung des Interferenzstreifensystems um etwa 4 Streifen entsprach, und es möglich ist, bei Benutzung eines Okularmikrometers $^1/_{30}$ Streifen auszumessen, konnte man Druckänderungen von $^1/_{100\,000}$ mm Quecksilber noch mit Sicherheit erkennen.

In der Versuchsanordnung waren die beiden Kammern des Druckmeßapparates in der in Fig. 3 schematisch wiedergegebenen Weise vermittelst der Ansätze A_1 und A_2 durch federnde Glasröhren mit den beiden Kammern eines Rayleighschen Manomoters *R*, sowie mit einem Quecksilberumschalter *U* verbunden, welcher erlaubt, die Kammern aneinander, oder einzeln oder zusammen an

Fig. 3.

die Pumpe *P* zu legen. Von der unteren Kammer des Druckmeßapparates führte endlich eine Verbindung *V* zu einem Volumenometer, das aus drei kalibrierten Gefäßen von etwa 100, 200 und 400 ccm bestand, welche unabhängig voneinander von einem gemeinsamen Reservoir aus mit Quecksilber gefüllt werden konnten. Unbekannt war zunächst das einer direkten Kalibrierung unzugängliche „schädliche" Volumen, bestehend aus dem Volumen der unteren Kammer des Membranmanometers, sowie der einen Kammer des Rayleighschen Manometers und dem Volumen der Verbindungsröhren zwischen diesen und dem Volumenometer. Dieses schädliche Volumen wurde volumenometrisch bestimmt nach einem von Lord Rayleigh vorgeschlagenen Meßverfahren, bei welchem die Gültigkeit des Mariotteschen Gesetzes überhaupt nicht, bzw. nur bei der Berechnung einer kleinen Korrektion angenommen zu werden braucht.

Nachdem die Konstanten des Apparates bestimmt waren, konnte zur Prüfung des Mariotteschen Gesetzes im Bereich kleinster Drucke geschritten werden; hierbei war nun zu bedenken, daß ein strenger experimenteller Beweis für oder gegen die Gültigkeit dieses Gesetzes nicht zu erbringen ist, weil man ja ein wirklich vollkommenes Vakuum nicht herstellen, also den absoluten Betrag der gemessenen Drucke nur abzüglich eines sehr kleinen, aber unbekannten Druckes bestimmen kann. Immerhin sind Beobachtungsreihen, wie hierunter eine wiedergegeben ist, geeignet, das Mariottesche Gesetz auch bei kleinsten Drucken zu stützen.

Die Versuche wurden in der Weise ausgeführt, daß man ein Gasquantum in drei Stufen vom vierfachen auf das einfache Volumen komprimierte und die zu jedem Volumen zugehörigen Drucke, abgesehen von einer additiven Konstante x, dem unbekannten kleinen Ausgangsdruck, in Interferenzstreifen bestimmte. Unter der Annahme der Gültigkeit des Mariotteschen Gesetzes konnte aus den vier Gleichungen eines jeden Versuches der Druck x als einzige Unbekannte durch ein Ausgleichsverfahren ermittelt werden. Durch Einsetzen dieses Wertes von x in die Beobachtungsgleichungen erhält man in jedem Falle vier Werte von pv, welche bei Gültigkeit des Gesetzes untereinander übereinstimmen müssen.

p	v	pv	p	v	pv
$x + 0{,}02$	983	302_8	$x + 0{,}25$	983	33_4
$x + 2{,}46$	563	310_8	$x + 0{,}52$	563	34_4
$x + 5{,}41$	363	307_5	$x + 0{,}84$	363	33_8
$x + 8{,}52$	264	305_7	$x + 1{,}10$	264	31_4
$x = 3{,}06$			$x = 0{,}09$		

Die Abweichungen der einzelnen pv-Werte von dem jedesmaligen Mittelwert sind nicht größer, als daß sie sich nicht im allgemeinen durch Fehler der Druckmessung von $^1/_{30}$ Interferenzstreifen gleich 0,000 01 mm Hg erklären ließen. Es erscheint also zulässig, die Gültigkeit des Mariotteschen Gesetzes noch beim kleinsten vorstehend gemessenen Druck $0{,}09 + 0{,}25 = 0{,}34$ Interferenzstreifen = etwa 0,000 1 mm bis zu dieser Grenze anzunehmen.

Nachdem so die Brauchbarkeit des Membranmanometers zur absoluten Messung sehr kleiner Drucke experimentell ausreichend begründet war, konnte eine Vergleichung dieses Instrumentes mit zwei Mc Leod Manometern verschiedener Dimensionen und, soweit es möglich, mit einem Rayleighschen Neigemanometer durchgeführt werden, die in einem Beispiele in nachstehender Tabelle wiedergegeben ist.

Rayleigh	Membran-manometer	Mc Leod 400 ccm	Mc Leod 100 ccm
68,6 μ	68,6 μ	70,3 μ	68,0 μ
32,6	32,6	32,8	32,3
—	16,1	16,3	16,2
—	6,79	6,91	6,83
—	3,55	3,70	—
—	3,25	3,40	3,26
—	2,16	2,32	—
—	1,35	1,44	—
—	1,34	1,38	—
—	0,24	0,27	—
—	0,06	0,04	—

Die Zahlen dieser Tabelle sowie alle sonstigen Beobachtungen dergleichen Art zeigen, daß das McLesd-Manometer, dessen Wandungen sorgfältig von allen Spuren einer Wasserhaut befreit sind, völlig zur Messung der kleinsten erreichbaren Drucke brauchbar ist. *W. Heuse, Charlottenburg.*

Die chemische Stellung der Radioelemente. Da das *Ra C* sich elektrolytisch leichter ausscheidet als das *Ra B*, das *Ra F* leichter als das *Ra E* bzw. *Ra D*, so hatte man geschlossen, daß die radioaktive Umwandlung stets in der Richtung stattfindet, daß das entstehende Produkt elektrochemisch edler ist als das zerfallende. Dieses von Lucas bzw. von v. Lerch aufgestellte Gesetz würde eine Beziehung zwischen chemischen und radioaktiven Eigenschaften herstellen. G. v. HEVESY fand diese Beziehung nicht begründet, da nach seinen Untersuchungen *Ra A* edler als *Ra B*, dagegen weniger edel als *Ra C* ist. Dagegen fand derselbe, daß die α-Strahlen liefernden Umwandlungsprodukte des Radiums *Ra F*, *Ra C* und *Ra A* sich leichter elektrolytisch niederschlagen lassen als die β-Produkte [1]).

Die Eigenschaften eines auf einer Metallplatte erzeugten radioaktiven Niederschlags benutzte HEVESY zur Bestimmung einer elektrochemischen Konstante, nämlich des zwischen der sehr verdünnten Lösung und dem eingetauchten Metall vorhandenen Potentialsprungs. In der Lösung befand sich eine Mischung zweier radioaktiven Substanzen in bestimmtem Verhältnis, dem des radioaktiven Gleichgewichts. Das Mengenverhältnis der auf der Metallplatte sich niederschlagenden Substanzen hing dann nur von dem Potential ab und ließ sich durch eine Kurve zur Darstellung bringen. So ließ sich aus der Zusammensetzung des Niederschlags das Potential ermitteln. Bei Lösungen von *Akt B* und *Akt C* konnte man sich schon durch eine 4—5 Minuten lange Verfolgung der zeitlichen Änderung der α-Aktivität der Metallplatte, auf welcher sich das *Akt B*-*Akt C*-Gemisch ausgeschieden hatte, über den Potentialsprung orientieren. Es genügte sogar, eine Metallplatte für etwa $^1/_{10}$ Sekunde in die die Radioelemente enthaltende Lösung zu tauchen, um den Potentialsprung Metall/Elektrolyt zu ermitteln. Auch Kupfer und Silber, in reines, *Ra B* und *Ra C* aufgelöst enthaltendes, Wasser getaucht, ergaben einen solchen Potentialsprung. Damit wird die Nernstsche Theorie bestätigt, nach der jedes Metall, in reines Wasser getaucht, wasserzersetzend wirken muß. Wie K. F. HERZFELD zeigt, ist freilich zur Deutung der Form der HEVESYschen Kurven die von Nernst angegebene Formel nicht ausreichend, sondern bedarf einer Modifikation [2]).

Die Wertigkeit der Radioelemente suchte G. v. HEVESY auf verschiedenen Wegen zu bestimmen [3]). Die erste Methode beruhte auf der Diffusion der Elektrolyte. Aus der Geschwindigkeit, mit welcher ein Kation im großen Überschusse seines Anions diffundiert, läßt sich die Anzahl der Ladungen des Kations und so dessen Wertigkeit ermitteln. Die Diffusionskonstante wurde mit der Graham-Stephanschen Methode bestimmt, die darin besteht, daß man die zu diffundierende Lösung unter eine vertikale Wassersäule schichtet und nach dem Ablauf einer bekannten Zeit verschiedene Schichten der Wassersäule analysiert. Dann ist die Diffusionskonstante $D = (h/2)^2/T.K$, wo h die Schichthöhe, T die Zeit, K eine von Stephan berechnete Funktion des Konzentrationsverhältnisses der untersuchten Schicht zu der Anfangsschicht bedeutet. Bei den Versuchen mit Radium diffundierte das $Ra\,Cl_2$ aus einer $^1/_{100}$ normalen salzsauren Lösung in $^1/_{100}$ normale Salzsäure. Der Radiumgehalt der einzelnen Schichten wurde nach der Emanationsmethode ermittelt. Es ergab sich die mittlere Diffusionskonstante $D = 0{,}667$ cm² Tag^{-1}. Da für Metalle $D = 1{,}25/n$ ist, so erhält man die Wertigkeit n des Radiums = 2. In gleicher Weise wurde $n = 2$ gefunden bei *Th X*, *Akt X*, *Th C*, *Ra D*, *Ra E*, *Ra F*; $n = 1$ bei *Th B*; $n = 4$ bei Radiothor, Ionium, Thorium, *Ur X*. — Zur

[1]) Phys. Zeitschr. **13**, 672, 715 (1912).

[2]) Phys. Zeitschr. **14**, 29 (1913).

[3]) Phys. Zeitschr. **14**, 49, 63 (1913).

Kontrolle dieser Methode diente die Bestimmung der Bewegungsgeschwindigkeit u der Ionen im elektrischen Felde, welche nach dem Verf. mit der Diffusionskonstante D und der Valenz n durch die Formel $D = 0{,}02232\, u/n$ verknüpft ist. Die Beweglichkeit des Radiumions wurde von Kohlrausch und Henning aus der Leitfähigkeit von $Ra\,Br_2$-Lösungen zu 57,4 bestimmt; daraus ergab sich $n = 1{,}91$, also eine gute Übereinstimmung mit dem aus der Diffusionskonstante allein berechneten Wert. Die Ionenbeweglichkeit der andern Radioelemente wurde vom Verf. mit der Grenzflächenmethode bestimmt; die daraus berechnete Valenz stimmte ebenfalls mit oben angegebenen Werten gut überein. Mit der Diffusionsmethode versuchten Hevesy und Putnoky die Beziehung zwischen zwei Umwandlungsprodukten des Urans, dem *Ur I* und *Ur II* festzustellen. Bei verschiedener Wertigkeit mußten beide mit verschiedener Geschwindigkeit diffundieren und sich dadurch trennen lassen. Das Versuchsergebnis war negativ; *Ur I* und *Ur II* hätten danach dieselbe Wertigkeit und auch ähnliche chemische Eigenschaften. Das Umwandlungsschema des Urans würde nach den Verff. lauten:

$$Ur\,I \xrightarrow{\alpha} Ur\,X \xrightarrow{\beta} Ur\,II \xrightarrow{\alpha} Io \xrightarrow{\alpha} Ra.$$

Da nach Bredig die Beweglichkeit der Ionen in unendlich verdünnter Lösung eine Funktion ihres Gewichts ist, indem innerhalb jeder Vertikale des natürlichen Systems die Beweglichkeit mit steigendem Atomgewicht zunimmt, läßt sich der chemische Charakter der einwertigen *Ra B*, *Th B*, *Akt B* feststellen: ihre Stelle wäre zwischen der des Bleis und des Thalliums zu suchen. Auch zwischen der Abgabe geladener Teilchen beim Atomzerfall und der Valenz des entstandenen Elements besteht ein Zusammenhang. In allen verfolgbaren Fällen ist die Valenz des nach einer α-Strahlenumwandlung entstehenden Produkts um zwei Einheiten verschieden von der ihrer Muttersubstanz. Die Änderung der Valenz ist stets mit der Erhöhung des elektropositiven Charakters verbunden. Die β-Strahlenumwandlung verändert die Valenz des zurückbleibenden Atoms im entgegengesetzten Sinne als die α-Strahlenumwandlung.

Da nach den neuesten Untersuchungen jedes zerfallende α-strahlende Atom nur ein α-Teilchen gleichzeitig aussendet, so lassen sich, wenn die Reihenfolge der Radioelemente bekannt ist, deren Atomgewichte aus Zahl und Masse der α-Teilchen berechnen. Dieses führte A. van den Broek aus und bestimmte die Stellung der einzelnen Radioelemente im periodischen System[4]. Alle Zerfallsprodukte gleichen Atomgewichts faßt er dabei als ein Element auf und erhält 14 für die *Ra*- und *Th*-Reihen, 5 für die *Akt*-Reihe. Die mittlere Differenz zweier aufeinander folgender Atomgewichte für das ganze System wird dann = 2, was deshalb von Bedeutung ist, weil die Zahl der intraatomischen Ladungen für jedes Atom gleich dem halben Atomgewicht zu sein scheint. So hat nach Thomson Wasserstoff eine, Helium zwei Ladungen per Atom. Auch andere Eigenschaften der Atomkonstitution sind, wie der Verf. zeigt, mit dem so erweiterten periodischen System in Übereinstimmung.

Zu einer etwas anderen Einordnung der radioaktiven Elemente in das periodische System gelangte K. Fajans[5]. Er fand, ähnlich wie Hevesy, daß alle α-Strahlenumwandlungen ein gegen die Muttersubstanz elektropositives, alle β-Strahlenumwandlungen ein elektronegatives Produkt hervorbringen. Das ließ sich ausnahmslos bei allen Produkten des Radiums, Thoriums und Aktiniums zeigen. Bei den Umwandlungen, bei welchen (wie bei $Ra \longrightarrow Ra\,Em$, $Th\,X \longrightarrow Th\,Em$, und Radioaktinium $\longrightarrow Akt\,X$) α- und β-Strahlen ausgesandt werden, ist anzunehmen, daß hierbei zwei unmittelbar aufeinander folgende oder parallel verlaufende Umwandlungen eintreten. Jene Gesetzmäßigkeit führte zu der Folgerung, daß das neu gebildete Produkt nach jeder α-Strahlenumwandlung in derselben Horizontalreihe des periodischen Systems um zwei Gruppen nach links, nach jeder β- Strahlenumwandlung um eine Gruppe nach rechts rückt. Aus dem bekannten chemischen Charakter mehrerer Radioelemente konnte auf diese Weise die chemische Natur aller übrigen bestimmt werden. Die Zuverlässigkeit dieser Methode ergab sich z. B. daraus, daß man für *Ra A* dieselbe Stellung in der sechsten Gruppe erhielt, gleichgültig, ob man von *Ra D* oder von der Radiumemanation ausging. Ganz allgemein gehören die *A*-Glieder der drei radioaktiven Reihen in die sechste (Tellur-) Gruppe, die *B*-Glieder in die vierte (Blei-), die C_1 und das *Ra E* in die fünfte (Wismut-) Gruppe und die sich

[4]) Phys. Zeitschr. **14**, 32 (1913).

[5]) Phys. Zeitschr. **14**, 131, 136; Verh. d. Deutschen Phys. Ges. **15**, 240; Die Naturwissenschaften **1**, 338 (1913).

entsprechenden *Akt D*, *Th D* und *Ra* C_2 in die dritte (Thallium-) Gruppe. Etwas abweichend hiervon nehmen G. v. Hevesy und A. Russel an, daß sowohl bei α- als bei β-Umwandlungen Übergänge sowohl zu höheren als zu niedrigeren Gruppen möglich seien. Danach würde sich eine etwas andere Einordnung der kurzlebigen Elemente ergeben; doch scheinen sowohl Versuche von A. Fleck als auch von Fajans selbst über die chemische Natur jener Produkte der Auffassung der letzteren Recht zu geben. In der Tabelle, die Fajans für die Stellung der Radioelemente im periodischen System angibt, erscheint am meisten auffallend, daß hier Plätze, die sonst im periodischen System nur einem Element zukommen, von mehreren, in manchen Gruppen bis sechs, Elementen besetzt sind, deren Atomgewichte um je 2 Einheiten voneinander differieren. Alle diese Elemente einer Gruppe sind einander aber so ähnlich, daß es nicht gelingt, sie auf chemischem Wege oder sonstwie voneinander zu trennen. Eine solche Gruppe ähnlicher Elemente will Fajans eine „Plejade“ nennen. Da die Teile einer Plejade uns nur durch ihre verschiedenen radioaktiven Eigenschaften bekannt werden, so ist es nicht unmöglich, daß auch alle andern Elemente Gemische aus mehreren, einander sehr ähnlichen Elementen sind. Die üblichen Atomgewichte wären dann nur Mittelwerte. Als gemeinsamen Baustein der schwereren Atome glaubt der Verf. außer Helium auch Wasserstoff annehmen zu müssen, der ebenfalls als Bestandteil der Gase vieler radioaktiver Mineralien auftritt. Jedes ausgeschleuderte α-Teilchen stellt ein Heliumatom dar, das zwei negative Elektronen verloren hat. Nimmt man an, daß das Heliumatom schon im Atomverband die Fähigkeit hat, zwei Elektronen abzuspalten, und daß diese Elektronen sogenannte Valenzelektronen des betreffenden Atoms sind, dann wird eben dessen Valenz um 2 vermindert, was im System seine Einreihung um zwei Gruppen nach links zur Folge hat. Da ein Wasserstoffatom immer nur ein Elektron abspaltet, so würde ein Element beim Ausschleudern eines Wasserstoffatoms eine Valenz verlieren und in die nächst niedrigere Gruppe des periodischen Systems gelangen. Dieses könnte auf die Elemente der seltenen Erden angewandt werden, die zwischen die dritte und vierte Gruppe derselben Horizontalreihe verteilt sind; durch Ausschleuderung eines Wasserstoffatoms könnten dann die Elemente der vierten in die dritte Gruppe gelangen. Wendet man die gleiche Auffassung auf die β-Strahlen-Umwandlung an, so würde hier die Valenz um eins zunehmen. Das könnte so erklärt werden, daß dabei ein Heliumatom aus einer tieferen Schicht des Atoms an die Oberfläche kommt und ein Wasserstoffatom von der Oberfläche in das Innere verschwindet. Die Ansicht, daß alle schwereren Elemente aus Wasserstoff und Helium aufgebaut sind, hat, mit einigen Abweichungen im einzelnen, auch Rutherford ausgesprochen.

Zwischen der Zerfallskonstante λ eines radioaktiven Körpers und der Anfangsgeschwindigkeit v_a der ausgeschleuderten α-Teilchen hatten Geiger und Nutall die Beziehung $\log \lambda = A + B \log v_a$, Swinne $\log \lambda = a + b \cdot v_a^n$, Wilson $\log \lambda - \log v = k_1 + k_2 v_a^-$ aufgestellt (vgl. d. Zeitschr. **25**, 236). Nach Swinne zeigt ein Vergleich der experimentell gefundenen Werte von v_a mit den nach diesen Formeln berechneten, daß alle drei nahezu gleichgute Resultate geben, was auf die nur kleine Variation von v_a zurückzuführen ist[6]). Für zwei verschiedene Radiofamilien ist der Unterschied von v_a für analoge α-Strahler angenähert konstant. In Verbindung mit der Beziehung zwischen v_a und λ führt das zum Satze, daß auch die Zerfallskonstanten der analogen α-Strahler der einzelnen Radiofamilien in angenähert konstantem Verhältnis zueinander stehen. Die vom Verfasser angegebenen Zahlenwerte bestätigen im wesentlichen die Richtigkeit dieser Sätze. So waren die Unterschiede von v_a der *Th*- und *Ra*-Reihen im Mittel $0{,}13 \times 10^9$ cm/sec, der *Ra*- und *Akt*-Reihen — $0{,}20 \cdot 10^9$ cm/sec. Das Verhältnis λ/λ' der *Ra*- und *Akt*-Reihen wurde $= 1{,}2 \cdot 10^{-5}$ gemessen, $= 1{,}3 \cdot 10^{-5}$ berechnet; für die *Ra*- im Verhältnis zur *Th*-Reihe wurde $\lambda/\lambda' = 4{,}8 \cdot 10^{-5}$ gefunden.

Weiterhin versuchte Swinne das Relativitätsprinzip auf die radioaktiven Umwandlungen anzuwenden. Nach der Einsteinschen Theorie ist die Masse m abhängig vom Energieinhalt, und zwar ist $m = (E_0 + p_0 \cdot V_0)/c^2$, wo E_0 den Gehalt an innerer Energie, p_0 den Druck, unter dem der Körper steht, V_0 dessen Volumen, c die Lichtgeschwindigkeit bedeuten. Für Prozesse, bei welchen die Änderungen von $p_0 V_0$ neben denen von E_0 verschwinden, beträgt dann angenähert die Massenänderung $\varDelta m = \varDelta E_0/c^2$. Planck berechnete hieraus die aus der Wärmeentwicklung von Radium in einem Jahre sich ergebende Massenänderung auf 1 g *Ra* zu 0,12 mg.

[6]) Phys. Zeitschr. **14**, 142, 145 (1913).

Swinne berücksichtigte zunächst nur die durch α-Strahlung bewirkte Energieänderung E und fand für ein Grammatom $E = \frac{1}{2} a \cdot v_a^2 \cdot (1 + a/A)$, wo a das Atomgewicht des Heliums, A das des Rückstoßatoms bedeutet; die hierdurch im Sinne des Relativitätsprinzips bewirkte Massenänderung würde dann $\Delta m = \frac{1}{2} a (v_a/c)^2 (1 + a/A)$. Der Verf. nahm $a = 3{,}994$, für v_a die von Geiger und Nutall gefundenen Werte und berechnete aus jener Formel den Energieunterschied zwischen Uran und dem aus $Ra\,F$ sich bildendem Element zu $4{,}67 \cdot 10^{19}$ erg, dem eine Massenverminderung von 0,0519 g auf ein Grammatom Uran entspricht; nimmt man noch 8 Prozent für die auf die β- und γ-Strahlung kommende Energieänderung hinzu, so wird jene Zahl = 0,056 g, d. h. beim Abbau eines Grammatoms Uran bis zum Zerfallprodukt von $Ra\,F$ nimmt die Masse um 0,023 Prozent ab. Beim Zerfall des Thoriums bis zum Zerfallprodukt von $Th\,C_1$ wird $\Delta m = 0{,}0422$ g auf 1 Grammatom Thorium. Diese Massenverminderungen müssen bei exakten Vergleichen der Atomgewichte der Radioelemente berücksichtigt werden; die jetzt vorliegenden Atomgewichte sind aber noch nicht genau genug, um die Richtigkeit der Theorie daran zu prüfen.

Die abgerundeten kleineren Atomgewichte der Elemente lassen sich durch die Ausdrücke $4\,n$ und $4\,n - 1$ darstellen, wo n eine beliebige ganze Zahl ist. Die Abweichungen der wirklichen Atomgewichte von diesen Größen sind periodische Funktionen von n und nehmen mit Ansteigen des Atomgewichts zu. Bei der Annahme einer allgemeinen Radioaktivität der Elemente könnten diese Abweichungen wohl zum Teil auf die beim Abbau eintretenden Energieänderungen zurückgeführt werden. *Schk.*

Balloelektrizität. Von C. Christiansen[1]). Mit diesem Namen bezeichnet der Verf. die Elektrizitätsentwickelung beim Zerspritzen von Flüssigkeiten, die Lenard „Wasserfallelektrizität" genannt hat. Die erste Arbeit hierüber bildet die Erfindung der Dampfelektrisiermaschine durch Faraday; später haben Wesendonck, Elster und Geitel, Lenard, J. J. Thomson, Lord Kelvin u. a. Untersuchungen darüber angestellt. Christiansen benutzte zu seinen Versuchen ein „Ballometer". Dasselbe bestand im wesentlichen aus einem Kapillaraspirator aus Glas, durch den mit einer Gaedepumpe die zu untersuchende, in einem Becherglas befindliche Flüssigkeit hindurchgetrieben wurde; sie stieß dann in Form von feinen Tropfen gegen die Innenwand eines Platinrohrs und fiel zuletzt in großen Tropfen in einen Trichter. Sowohl die Flüssigkeit als die Innenwand des Rohrs waren mit einem Elektrometer in Verbindung. Zuerst wurde destilliertes Wasser untersucht. Dieses gab in völlig gereinigtem Gefäß am Elektrometer 10 mm Ausschlag; war das Gefäß nicht besonders gereinigt oder wurde ein mit einem Tuche abgewischtes Reagenzglas in das Wasser getaucht, so erhielt man 30—40 mm Ausschlag. Verschiedene Körper, die der Luft lange ausgesetzt gewesen waren (Glas, Holz, Papier, Leinwand, Wolle, Seide, die menschliche Haut, Baumblätter), vermehrten, in das Wasser getaucht, dessen Balloelektrizität. Läßt man Luft durch das Wasser strömen, so wächst die Balloelektrizität noch mehr. Es dürften hiernach radioaktive Stoffe sein, die sich aus der Luft auf den Körpern niederschlagen und jene Wirkung hervorbringen. Auch durch längere Berührung mit Ölen, durch Kochen mit Harz oder Stearinsäure wurde das Wasser stärker balloelektrisch. Dagegen gaben die Elektrolyte sehr wenig Balloelektrizität. Der Verf. untersuchte eine große Anzahl von Flüssigkeiten (Säuren, Basen, Lösungen) und teilte diese nach ihrer Wirkung in drei Gruppen: 1. Aballische Flüssigkeiten mit sehr geringer Balloelektrizität (Elektrolyte, viele Säuren und Basen), 2. Autokataballische Flüssigkeiten, die das Platin positiv elektrisch machen (Wasser, wäßrige Lösungen von Ölen usw.); autoanaballische Flüssigkeiten, die Platin stark negativ elektrisch machen (Lösungen von Chinin, Anilin, Trichloressigsäure usw.), 3. Hyperballische Flüssigkeiten, Mischungen der ersten beiden Gruppen, die viel mehr Balloelektrizität geben als die Komponenten. Bei der Mischung bilden sich chemische Umwandlungen, die die höhere elektrische Wirkung hervorrufen. *Schk.*

3. Geschichte und Erkenntnislehre.

Physikalische Experimente auf historischer Grundlage. Von A. Kistner. Im *„Pädagogischen Archiv" 1913, S. 296—307* macht der Verfasser hierauf bezügliche Einzelvorschläge. Er sieht die Lektüre von Originalstellen nicht als den für den Anfang geeignetsten Weg an, um die Schüler in die Geistesarbeit großer Forscher einzuführen: denn „die Ausdrucksweise in

[1]) Ann. d. Physik **40**, 107, 233 (1913).

älteren Schriften ist für die Schüler leicht unverständlich, und die Übersetzungen fremdsprachlicher Arbeiten passen sich den Unterrichtsbedürfnissen meist nur schlecht an". Ein gangbarer Pfad dagegen bietet sich durch Benutzung des historischen Experiments. „Soll der historische Gang der Wissenschaft auch für den Unterricht bestimmend sein, so darf nicht ein beliebig spät ersonnener Versuch in das zur Behandlung stehende Gebiet einführen, sondern das klassische Experiment, der eigentliche Originalversuch, wie er sich aus den grundlegenden Arbeiten der betreffenden Pfadfinder herausschälen läßt, gewöhnlich in bescheidenerer Gestalt, als er in den Physiksälen von Schule und Universität zu sehen ist." „Halten wir an dem Grundsatz fest, daß die Methoden des naturwissenschaftlichen Unterrichts den Arbeitsverfahren der eigentlichen Wissenschaft nachzubilden sind, so müssen wir die grundlegenden Experimente möglichst der einfachen Form anpassen, in der sie ihrem Urheber einst die Geheimnisse der Naturkräfte entschleiern halfen." Allerdings braucht man dabei nicht veraltete Versuchsanordnungen sklavisch nachzuahmen. Wenn man heute etwas mit einfachen modernen Apparaten zeigen kann, wird man es nicht in alter umständlicher Form demonstrieren.

Daß unsere Experimentiertechnik die Einfachheit der klassischen Versuche vielfach verloren hat, legt der Verfasser an einigen Beispielen dar. So zeigt man nach Pictet die Hohlspiegelversuche über strahlende Wärme mit einer heißen, nicht glühenden Kugel, während Weinhold dafür ein glühendes Platindrahtnetz oder gar elektrisches Bogenlicht empfiehlt: zur Demonstration der Wärmewirkung im Brennpunkt genügt ein Galileisches Luftthermometer; nimmt man ein Ätherthermometer oder eine Thermosäule, so heißt das, mit Kanonen nach Spatzen schießen. Die Lichtbrechung demonstriert man am einfachsten nach dem Verfahren des Ptolemäus mit einer im Wasser befindlichen Kreisteilung, indem man zwei Lineale in Luft und Wasser so einstellt, daß sie eine Gerade zu bilden scheinen, wenn man an dem in Luft befindlichen entlang sieht. [Der bekannte Stecknadelversuch für Schülerübungen schließt sich unmittelbar an diesen historischen Versuch an.] Auch der historische Freihandversuch Keplers am Glaswürfel gehört hierher. Das Dopplersche Prinzip kann man, in Nachahmung der Beobachtung, die Buys Ballot an einem fahrenden Eisenbahnzuge machte, an der Klingel eines rasch vorbeifahrenden Fahrrades demonstrieren. „Das Gelingen dieser einfachen Variante des Originalversuchs macht auf die Schüler einen tieferen und nachhaltigeren Eindruck als jeder der anderen noch so kunstvollen und scharfsinnigen Versuche im Physikzimmer." Das Archimedische Prinzip knüpft man zweckmäßig an den Bericht des Vitruv über die Entdeckungsgeschichte des Prinzips an, indem man sich der Verdrängungsmethode bedient; dieselbe Methode wird auch bei dem Apparat von Al Biruni angewandt, der unmittelbar zum modernen Pyknometer führt. Dagegen kann man auf Nicholsons Aräometer und die Mohrsche Wage gänzlich verzichten. An Stelle des heute beliebten Universalthermoskops genügt für die meisten Fälle das leichtverständliche Differentialthermoskop von Leslie, sobald nur das ausgleichende Verbindungsrohr mit Hahn zur sicheren Einstellung der Indikatorflüssigkeit hinzugefügt ist. Den ersten Grundversuch über Reibungselektrizität empfiehlt es sich, aus sprachlichen und historischen Gründen, nicht mit Hartgummi, sondern mit Bernstein anzustellen, den man leicht in geeigneten Stäben kaufen kann. Der Verfasser weist auch darauf hin, daß in den „Freihandversuchen" von H. Hahn (Berlin, O. Salle) viel historisches Material an das Tageslicht gefördert worden ist, das sich zu unmittelbarer Verwertung im Unterricht eignet.

Andererseits warnt der Verfasser mit Recht vor der falschen Pietät gegen entbehrliche Versuche und Apparate; er nennt von solchen: Lanesche Maßflasche, hydraulischen Widder, Quecksilberregen, zweistiefflige Luftpumpe mit Graßmannschem Hahn, Kaleidoskop, Daniels Hygrometer, Oersteds Piezometer; von den Photometern will er nur das von Bunsen beibehalten wissen, von den galvanischen Elementen nur das Chromsäure-Element nach Bunsen sowie die nach Leclanché und Meidinger; er verwirft auch Voltas Elektrophor, den Schweiggerschen Multiplikator u. a. m.; er verteidigt dagegen die Tangentenbussole gegen Fr. C. G. Müller, der sie zu den veralteten und entbehrlichen Apparaten rechnet. Auch von den vom Verfasser verworfenen Apparaten möchten wir übrigens einen und den anderen (wie den Elektrophor) noch nicht missen.

Den Fundamentalversuch Voltas will der Verfasser auch nicht mehr beibehalten, was heute wohl allgemeine Zustimmung finden wird. Doch wird man nach Volta die Entstehung elektrischer Ladungen auf Metallen mit feuchtem Zwischenleiter an dem Konden-

satorelektroskop nachweisen. [Ob die von Weinhold befürwortete Vorführung der Voltaschen Säule heute noch angebracht ist, dürfte zweifelhaft sein.] —

Der Verfasser erinnert dann an die vom Referenten angegebenen historischen Lehrgänge der Hydrostatik und Aerostatik und besonders auch an den Weg, der von Otto von Guericke über die Schießpulvermaschine von Huygens zum Explosionsmotor und über Papins Experimente zur Dampfmaschine, Rohrpost, Glühlampe usw. führt. Er eignet sich auch die treffende Bemerkung Grimsehls an, daß der im Unterricht zumeist verfolgte Weg sich zu dem wirklichen historischen Wege etwa so verhält wie der Weg, den ein Schnellzug auf glatter Schienenbahn zurücklegt, zu dem Wege, der erst durch einen Urwald gebahnt werden muß. Der Hinweis, daß nicht der Zufall, sondern die Arbeit zu den Entdeckungen führt (Liebig), muß stets die historische Darlegung begleiten. Wie im einzelnen ausgedehntere historische Zusammenhänge nutzbar gemacht werden können, zeigt der Verfasser an dem Beispiel der atmosphärischen Elektrizität. an der Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit, an der Entwicklung der Dynamomaschine. Auch ältere Apparate, die sich oft in Schulsammlungen befinden, können für das historische Verständnis nutzbar gemacht werden, so namentlich alte Elektrisiermaschinen. Auch bei dieser Gelegenheit muß auf das Deutsche Museum in München als eine Sammelstätte berühmter historischer Apparate aufmerksam gemacht werden. wohl geeignet, das Gemüt der Besucher mit Ehrfurcht zu erfüllen. Endlich können Abbildungen aus Originalwerken (deren viele sich auch in Gerland und Traumüllers Geschichte der Experimentierkunst finden), besonders in Form von Lichtbildern, zur Belebung und Vertiefung des Unterrichts dienen. *P.*

4. Unterricht und Methode.

Der erste Unterricht in Physik und Chemie. Hierüber veröffentlicht L. Wunder (in Sendelbach bei Lohr a. M.) „Gedanken, Wünsche und Beispiele“ in den *Monatsheften für den naturwissenschaftlichen Unterricht 1913, Nr. 1.* Er knüpft an die Tatsache an, daß die jüngeren Knaben (vor dem Eintritt der Reife) im Durchschnitt ein ungeheuer lebhaftes und vielseitiges Interesse haben, während dies bei der Mehrzahl der älteren Knaben nicht mehr vorhanden ist. Den psychologischen Grund dafür erblickt er in dem natürlichen Reiz, den alles Neue und Unbekannte auf den jugendlichen Menschen ausübt, der sich aber naturgemäß mit wachsender Erfahrung abschwächt. Er knüpft daran folgende Forderungen: „1. Jedes Anstacheln des kindlichen Interesses durch blendende Versuche im naturwissenschaftlichen Unterricht der unteren Klassen ist zu verwerfen, weil es dem Kinde nicht hilft, die Zahl seiner Probleme zu vermindern, sondern weil es im Gegenteil diese Zahl noch vermehrt. 2. Lebhafte Beteiligung der jüngeren Knaben am Unterricht ist nicht als Beweis dafür zu betrachten, daß dieser Unterricht seinen Zweck erfüllt. 3. Der Zweck des naturwissenschaftlichen Unterrichts der unteren Klassen muß sein. die ungeheure Menge der ungeklärten Vorstellungen des Kindes untereinander zu verknüpfen und zu erklären [klären?]. 4. Diese Aufgabe kann der naturwissenschaftliche Unterricht nur dadurch erfüllen, daß er die Wahrnehmungen und Beobachtungen der Kinder auf das eingehendste erforscht und durch anschauliche Versuche im einfachsten Gewande verknüpft und erklärt [?].“

Hierin ist vor allem die Aufforderung beachtenswert, daß der Lehrer an die dem Schüler bereits aus dem Leben bekannten Erfahrungen anknüpfen solle, dagegen auf Darbietung neuer Stoffe möglichst zu verzichten habe; allerdings gehöre schon ein reichliches Teil von Lehrerfahrung dazu, um zu wissen, daß die wertvollsten Triumphe nur auf bekanntem Boden errungen werden. Es handele sich dabei dann darum, die alten Vorstellungen der Schüler so umzuwandeln, daß sie ihnen selbst am Schluß der Stunde wie etwas Neues erscheinen. Dies ist in der Regel ohne sorgfältig ausgewählte Experimente gar nicht ausführbar. Die größte Bedeutung aber schreibt der Verfasser der Selbsttätigkeit der Schüler zu, wie sie im Schülerpraktikum sich vollzieht. Er sieht den Vorzug dieser „neuen Unterrichtsweise“ an erster Stelle darin, daß sie den Schüler von dem Martyrium des Stillesitzens befreit und ihm ein gewisses Maß von Bewegungsfreiheit gestattet. Er findet allerdings, daß die Schülerübungen an vielen Schulen den Eindruck einer angeklebten Zutat machen und in den alten Schulorganismus nicht recht hineinpassen; er macht ihnen zum Vorwurf, daß sie in den meisten Fällen die Rücksicht auf die spezifische Eigenart des jugendlichen

Denkens und Wollens vermissen lassen; er verurteilt das zu weit getriebene Bestreben, die Schüler bei dieser Gelegenheit durch kleinliche Vorschriften zur Ordnungsliebe zu erziehen, die vielmehr das Ergebnis eigener wachsender Einsicht sein müsse; er tadelt bei den Übungen in gleicher Front, daß darin leicht etwas wie das Griffeklopfen beim Exerzieren sich geltend mache. Aber er übersieht dabei, daß die Unterrichtsorganisation in großen, stark besuchten Lehranstalten naturgemäß eine andere sein muß als in den kleinen Betrieben, wie sie etwa die Landerziehungsheime darstellen. Jenen haftet unvermeidlich etwas von den Nachteilen alles Klassenunterrichtes an, demgegenüber die kleinen Schülergruppen einen leider nicht überall zu verwirklichenden Idealzustand darstellen. Er sollte daher nicht so scharf aburteilen über die Lehrer, die auch unter den ungünstigen Verhältnissen der Großstadt, mit einem wenig einheitlichen und häufig blasierten „Schülermaterial“ unter unsäglicher Anspannung ihrer Kräfte die Sache der Schülerübungen zu fördern bemüht sind.

Zu erneuter Prüfung ladet der Umstand ein, daß der Verfasser die quantitativen Versuche für die Unterstufe gänzlich ablehnt: „es gibt fast kein Gesetz im Bereich des Schulwissens, welches nicht durch geeignete qualitative Versuche auf das anschaulichste bewiesen werden könnte“. In dieser Form ist die Behauptung sicher falsch. Wollte der Verfasser statt „bewiesen“ „erläutert“ setzen, so würde sich darüber reden lassen. Er macht ferner geltend, daß es ohne eine Kritik der Genauigkeitsgrenzen kein quantitatives Arbeiten gibt, und daß alle quantitativen Versuche, die nicht mit umsichtigster Kritik aller Fehlerquellen vereinigt werden, nur durch einen Zufall oder durch die Regiekunst des Lehrers zu richtigen Ergebnissen führen. Hierzu wäre zu sagen, daß es bei den quantitativen Versuchen doch nicht auf exakte Konstantenbestimmungen ankommt, und daß es bei Diskussion der Resultate an Hinweisen auf die Ursachen der Abweichungen nicht zu fehlen pflegt. Das bloß annähernd genaue Ergebnis der Messungen bewahrt die Schüler jedenfalls vor der Gefahr, die auch der Verfasser ferngehalten sehen will, daß sie das Erreichte überschätzen. Ob man die Versuche mehr quantitativ oder mehr qualitativ gestaltet, wird wesentlich durch das Alter und die Art der Schüler bedingt sein. Und wenn auch das Forschen des Knaben dem Spielen verwandt ist, so hat doch die Schule die Aufgabe, den Spieltrieb nach und nach in festere Bahnen zu lenken.

Der Verfasser fügt seinen Ausführungen einige Beispiele hinzu, die freilich in der Hauptsache Demonstrationsversuche enthalten. Die Versuche über den Trägheitswiderstand sind zumeist bekannte Freihandversuche, die weniger den Massenbegriff (wie der Verfasser will) als die zeitliche Dauer jedes Bewegungsantriebs verdeutlichen. Zwei der Versuche, den Trägheitswiderstand von Flüssigkeiten betreffend, sind in d. Zeitschr. an anderer Stelle (dieses Heft, S. 246) wiedergegeben. Ein zweites Beispiel bezieht sich auf die Oberflächenspannung, die der Verfasser auch durch quantitative Versuche dem Verständnis näherzubringen sucht. Ein drittes Beispiel über die Verbrennung weicht nicht wesentlich von dem auch sonst im chemischen Unterricht Üblichen ab. *P.*

5. Technik und mechanische Praxis.

Metalldrahtlampen [1]). Nachdem lange Zeit die 1855 von H. Göbel in New York erfundene, aber erst durch Edison 1880 wirksam in die Praxis eingeführte Kohlefadenglühlampe eins der wichtigsten Propagandamittel und eine der wirksamsten Anwendungsformen elektrischer Energie gewesen, begann, etwa um die Jahrhundertwende, eine merkwürdige Wandlung einzutreten, welche, in der Ausführung ein Fortschritt, doch im Grunde einen Rückschritt: ein Zurückgreifen auf Früheres bedeutete.

Jeder Strom entwickelt beim Durchgang durch einen Leiter Wärme, und je geringer die Masse dieses Leiters ist, um so leichter kann man seine Temperatur bis zum Glühen, d. h. Leuchten, steigern; bei keinem Material lassen sich nun die bezüglichen Bedingungen leichter erfüllen als bei Metallen. Daher finden wir Versuche mit „elektrischen Glühlampen“ schon zeitig (Davy 1802 [Platin], desgl. Moleyns 1841, Grove 1845, J. W. Draper 1847, De Changy 1858). Als Material wurden hierbei außer Platin schon verwendet: Iridium 1849 durch Petrie Wolfram 1889 durch Lodigine & Tibbits.

[1]) Vgl. „Die Osmiumglühlampe“, diese Zeitschr. 15, 181÷184, 1902; — „Tantal und einige andere Erdmetalle usw.“, Ebenda 18, 173—175, 1905; — „Neuere elektrische Glühlampen“, Ebenda 21, 202÷204, 1908.

In neuerer Zeit hat Auer v. Welsbach mit seiner „Osmiumlampe" 1902 eine neue Epoche eingeleitet. Es folgte die Wolframlampe von Just & Hanamann in Wien 1903, und nach einem anderen Verfahren von Kuçel 1904, hergestellt von Pintsch-Berlin und Kremenezky-Wien. Sehr wesentlichen Einfluß hatte das Herausbringen der Tantallampe durch Siemens & Halske 1905, insofern hier von vornherein nach weitausschauenden Plänen gearbeitet worden und bei der Veröffentlichung auch bereits die fabrikmäßige Herstellung vollständig vorbereitet war. Während nämlich bei der Osmiumlampe die Fäden in recht mühsamer Weise indirekt erzeugt werden mußten, wurde bei den Tantallampen direkt Tantaldraht verwendet. Weiter sind zu erwähnen:

die „Zirkonlampe" von Dr. Hollefreund & Co. in Berlin 1906,

die „Iridiumlampe" von Gülcher-Berlin 1907.

Ursprünglich waren alle diese Lampen, soweit sie neueren Ursprunges, Metall-Faden-Lampen, d. h. der fadenförmige Glühkörper wurde auf Umwegen in dieser Form erhalten, meist nach einem sog. „Pasteverfahren"; dies besteht darin, daß man

a) das betreffende Metall als äußerst feines Pulver mit einem Bindemittel mengt,
b) diese „Paste" durch Düsen zu Fäden preßt, welche durch Verdunstung des Lösungsmittels für den Bindestoff handhabbar werden,
c) das Bindemittel verkohlt,
d) den Faden elektrisch glüht.

Dies Verfahren war deshalb geboten, weil die betreffenden Metalle als die schwerstschmelzbaren und auch mechanisch am schwersten zu behandelnden bekannt waren. —

Nun wissen wir, daß dasselbe Eisen, geglüht weich und biegsam, glühend in kaltem Wasser oder Öl abgeschreckt, aber hart und spröde ist: dasselbe Eisen kann in zwei verschiedenen Modifikationen vorkommen! Von den vorerwähnten Metallen kannte man aber zunächst noch keine sog. „duktilen" Modifikationen, d. h. solche, welche ziehbar, dehnbar, hämmerbar sind. Bekannt ist ja, daß man Platin als Seele eines Golddrahtes zu $0{,}02 = \frac{2}{100}$ mm ausziehen kann. In überaus mühsamer Arbeit ist es dann auch gelungen, Wolfram- und andere Drähte ziehen zu lernen. Dabei stellte sich z. B. heraus, daß Wolfram wegen seiner Härte auch während des Ziehens den Diamantziehstein angreift. — Ferner zeigten die ersten Metallfäden unangenehme Strukturänderungen beim Gebrauch infolge Stromdurchganges, besonders bei Wechselstrom, bedingt durch molekulare Umlagerungen infolge der Erschütterungen durch die periodische Erwärmung. Hierdurch wurden die Fäden ziemlich rasch in deutlich sichtbarer Weise verändert: sie nahmen grobkristallinische Struktur an, die sich durch Rauh- und Unebenwerden der Außenfläche zu erkennen gibt, büßten dadurch an innerem Zusammenhang ein und wurden so leicht zerbrechlich und gegen Erschütterungen hochempfindlich[2]). Durch geeignete Maßnahmen bei der Herstellung ist es gelungen, dieses Übelstandes Herr zu werden. Die neuen Lampen zeigen deshalb ein wesentlich besseres Verhalten als die alten: gleichmäßige Lichtausbeute, geringere mechanische Empfindlichkeit!

Die eigentliche Lampe[3]) besteht in diesem Falle aus einem stark bleisilikathaltigen, daher leicht schmelzenden Kronglas, das gut zusammenschmilzt, sich gut verbindet, und wenig zum Springen neigt. Zur Erhitzung bei der Herstellung dienen mittelst besonderer Vorrichtungen in der am besten brauchbaren Form und Größe an besonderen handlichen Apparaten in zweckmäßigster Stellung erzeugte Gebläseflammen.

Die Herstellung der Lampe[4]) beginnt mit der des sog. „Füßchens"; auf dieses kommt das „Traggestell" für den Draht. Das Ganze wird dann in die „Glocke" eingesetzt. — Das Füßchen erhält in der Flamme seine Form durch „Drücken". — Dann werden Glasstäbchen durch örtliches Glühendmachen und Stauchen mit den Wulsten zur Aufnahme der Drahthalter versehen. — Die Stromzuleitungen bestehen innerhalb des Glases selbst aus Platin, wegen der Übereinstimmung der Ausdehnungskoeffizienten von Glas und Platin, im übrigen streckenweise aus Kupfer- und Nickeldraht. — Dann werden in die erwähnten Wulste die Häkchen für den Draht eingeschmolzen, indem sie in den erweichten Wulst hineingeschoben werden. — Nunmehr

---

[2]) Ein Bild dieses Zustandes erhält man etwa, wenn man sich feinkörnigen Sand mit Leim gemischt und aus dieser Masse Fäden oder feine Stäbchen geformt und getrocknet denkt.

[3]) Rémané, „Die Osram-Drahtlampe". Nach einem in der Polytechnischen Gesellschaft gehaltenen Vortrage.

[4]) Rémané, „Die Osramdrahtlampe". Die Welt der Technik 1913, Nr. 7, 130÷134.

erfolgt das bei dem nach neuerem Verfahren hergestellten Draht nicht sonderlich schwierige Aufspannen des letzteren und sein Anschließen an die Zuleitungen. —

Die Glashüllen, sog. „Birnen", werden fertig bezogen, sie erhalten ein Ansatzrohr zum Anschluß an die Luftpumpe. Das Einsetzen des Fadengestelles geschieht, indem man letzteres in einem geeigneten Halter befestigt, die Birne, von einer „Zentrierzange" gehalten, darüberschiebt und nun den unteren Birnenrand erhitzt, bis er, weich geworden, freiwillig sich auf den Rand des kleinen „Füßchens" auflegt und mit diesem verschmilzt. —

Bei dem nun folgenden Auspumpen müssen die Lampen zwecks Austreibung von den Glaswänden festgehaltener Gase bis fast zum Schmelzen des Glases erhitzt werden. Oft werden auch noch chemische Mittel zu diesem Zwecke zu Hilfe genommen.

An das Auspumpen schließt sich eine Prüfung zwecks Ermittelung etwa nicht gasdichter Lampen, sodann ein Prüfungsbrennen. Dann folgt eine Photometrierung jeder einzelnen Lampe und die Ermittelung des spezifischen Effektverbrauches (Watt/Kerzen). Diesem folgt das Aufsetzen des Sockels mit Gewinde, womit die Lampen nach ∼40 Einzelmanipulationen endlich gebrauchsfertig sind. —

Die neue Osramdrahtlampe zeigt im Gegensatze zu den Kohlefaden- und anderen Metallfadenlampen keine wesentliche stetige Lichtabnahme mit zunehmender Brenndauer, sondern es bleibt vielmehr die Lichtstärke bis zum Ablaufe der Lebensdauer nahezu unverändert. Zum Vergleich dienen folgende Zahlen:

Osramlampe von 16 HK — 217 Volt — 1,25 Watt pro Kerze; nach 2000 Brennstunden ∼10 % Lichtabnahme;

Kohlefadenlampe von 16 HK — 217 Volt — 56 Watt pro Kerze; nach 500 Brennstunden ∼20% Lichtabnahme[5]).

Nimmt man letzteren Prozentsatz als zulässige Grenze, dann ergibt sich die Lebensdauer einer Osramlampe = ∼ dem Vierfachen der einer Kohlefadenlampe.

Man hat nun neuerdings auch gelernt, durch Einbringen eines besonderen Körpers das Zerstäuben der Fäden hintanzuhalten; diese Neuerung gestattet eine höhere Strombelastung der Glühdrähte, bedingt damit eine höhere Lichtausbeute bei verbessertem Wirkungsgrad, so daß der spezifische Wattverbrauch bis auf 0,8 Watt pro Kerze verringert werden kann. Gleichzeitig erhält man so eine wesentlich größere Lebensdauer; so wurde z. B. der Polytechnischen Gesellschaft in Berlin eine Lampe vorgeführt, welche bei anfänglich 300 HK nach 9100 Brennstunden noch keine wesentliche Abnahme der Leuchtkraft zeigte, was, bei einer Brennzeit von täglich 5 Stunden, 1820 Tagen = rund **6 Jahren** entspricht.

Spannungsüberschreitungen verkürzen im allgemeinen die Lebensdauer von Glühlampen erheblich; die Osramlampe verhält sich auch in dieser Beziehung recht günstig.

Aus dem geringeren Energieverbrauch bei gleicher Leuchtkraft gegenüber anderen Lampen folgt größere Billigkeit des Betriebes, welche den erheblich höheren Preis der neuen Lampen gegen die alten zum guten Teile wettmacht. Die Metalldrahtlampe eignet sich daher besonders für solche Verwendungszwecke, wo an sich nur geringe Energie zur Verfügung steht: Taschenlampen, Lampen für Endoskopie (Beleuchtung von Körperhöhlen). Wegen ihrer mechanischen Festigkeit ist sie auch mit Vorteil in Straßen- und Vollbahnwagen sowie in Selbstfahrern (hier in den Scheinwerfern) gut verwendbar. Die Einführung der Metalldrahtlampe bedeutet also in jeder Beziehung einen großen Fortschritt auf dem Gebiete der elektrischen Beleuchtung, wie man ihn vor noch nicht gar langer Zeit kaum noch erwarten zu können glaubte.

B. v. Cz.

Das duktile Wolfram. Über Eigenschaften und Verwendungsarten des duktilen Wolframs bringen die *„Naturwissenschaften"* (*1913, Heft 16*) interessante Mitteilungen von C. G. FINK aus den Verhandlungen des 8. Internationalen Kongresses für angewandte Chemie, der zu New York im September 1912 stattgefunden hat. Von diesem duktilen Metall werden täglich große Mengen von gezogenem Draht für die Fabrikation von Glühlampen hergestellt.

Über die Eigenschaften des duktilen Metalls werden folgende Angaben gemacht: Die Dichte beträgt 19,3 bis 21,4, ist also doppelt so groß wie die des Bleies. Der Schmelzpunkt liegt bei 3100° ± 60°, also höher als der irgendeines anderen Metalles; seine Zugfestigkeit, 322 bis 427 kg/qmm, übertrifft die

[5]) Vgl. hierzu W. VOEGE, „Untersuchungen über die Strahlungseigenschaften der neueren Glühlampen", Hamburg 1904.

des Eisens und Nickels, es kann zu geringeren Stärken ausgezogen werden als irgendein anderes Metall. Der thermische Ausdehnungskoeffizient ist $4,3 \cdot 10^{-6}$ (gegen $8,8 \cdot 10^{-6}$ bei Platin); die spezifische Wärme 0,0358; das Wärmeleitvermögen 0,35 g-cal/cm/sec/1° (gegen 0,166 beim Platin); die Härte 4,5 bis 8,0 der Mohsschen Skala; der elektrische Widerstand bei 25° (hart) 6,2 Mikrohm/ccm bzw. (angelassen) 5,0 Mikroohm/ccm, der Temperaturkoeffizient zwischen 0° und 170° beträgt 0,0051. Das Metall ist in Säuren und Alkalien unlöslich, doch löslich in Gemischen von HFl und HNO_3 sowie in geschmolzenen Nitraten, Nitriten und Peroxyden.

Das Metall ist außer für Glühlampen noch für viele andere Zwecke verwendbar. In geschmiedetem Zustande ist es als Kontakt in Funkeninduktoren, Relais usw. verwendet worden und übertrifft hierin das Platin und Platin-Iridium bedeutend an Dauerhaftigkeit infolge seiner größeren Härte, des größeren Wärmeleitvermögens und der geringeren Dampfspannung. Es wird zur Herstellung von Wolframöfen benutzt, in denen stundenlang Temperaturen von 1600—1800° aufrechterhalten werden können. Wolframgaze dient in Laboratorien zur Trennung fester Stoffe von sauren Flüssigkeiten. Wolfram ist als Antikathode in Röntgenröhren wirksamer als irgendein anderes Material. In Verbindung mit Molybdän liefert es ein Thermoelement zur Messung hoher Temperaturen; die EMK nimmt bis 540° zu, dann wieder ab und geht bei etwa 1300° durch Null. Für Normalgewichte ist es wegen seiner Härte und seiner Unveränderlichkeit ausgezeichnet geeignet. Auch für galvanische Elemente kann es verwendet werden; eine Zelle Wolfram-Natriumhydroxydlösung-Kaliumchloridlösung-Kalomel-Quecksilber ergab je nach Zusammensetzung 0,68 bis 0,38 Volt; durch Zusatz geringer Mengen von Verunreinigungen kann man die EMK der Wo-$NaOH$-Elektrode derjenigen von Zink in Zinksulfat nähern. Eine Zelle Hg-$Hg_2W_3O_{11}$-Na_2WO_4 (fest)-Na_2WO_4 (gesättigte Lösung)-Na_2WO_4 (fest)-W mit der EMK von 0,505 Volt scheint sich zu einer Normalzelle zu eignen.

Die feinsten Wolframdrähte von 0,005 mm Durchmesser sind wegen ihrer Festigkeit und chemischen Beständigkeit für Galvanometeraufhängungen und für das Fadenkreuz in Fernrohren geeignet. Der Draht empfiehlt sich auch als Widerstandseinheit, da das Metall vollkommen rein hergestellt werden kann und unangreifbar ist. Ferner werden säurefeste Schalen und Röhren aus Wolfram hergestellt. Da es nicht magnetisch ist, hat man es in Elektrizitätsmessern zum Ersatz der Federn aus Phosphorbronze anzuwenden versucht; aus demselben Grunde könnte man es zu Uhrfedern verwenden. Endlich seien noch erwähnt: Federspitzen, Düsen (für die Drahtzieherei), Messerklingen, Vorhänge und feuersichere Decken aus mit Wolfram verstärktem Asbest.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Geschichte der deutschen Naturphilosophie. Von Dr. Carl Siegel. Leipzig, Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H. 390 S. M 10,—, geb. M 11,—.

Die Naturphilosophie ist hier im engeren Sinne verstanden als „eine wissenschaftliche Disziplin, die bewußt neben und nach der Naturwissenschaft auftritt," und zugleich „gefordert von ihr als ihre notwendige Ergänzung". Diese kritische Naturphilosophie nimmt nicht, wie die vielberufene spekulative, die Natur selbst, sondern die Wissenschaft von der Natur zum Gegenstand ihrer Untersuchung. Aufgabe einer Geschichte der Naturphilosophie ist es dann, „die großen Linien der Vergangenheit zu gewinnen und die Betrachtung bis in die Gegenwart hinein zu verfolgen". Der Verfasser greift diese Aufgabe mit großem Geschick an. Er sieht in Kepler und Leibniz die Väter der deutschen Naturphilosophie und weist zunächst bei ihnen die Probleme auf, die die ganze folgende Zeit beschäftigen. Er sondert bei Kepler die naturwissenschaftlichen von den metaphysischen Elementen und erkennt in Leibniz den Urheber eines erweiterten Naturbegriffs. Er behandelt danach die Philosophie der Naturwissenschaft bei Kant und Fries, die romantische Naturphilosophie bei Herder, Goethe, Schelling, Schopenhauer, die Gegner dieser Philosophie, nämlich Herbart und Feuerbach, dann die Vorläufer einer Naturphilosophie der Gegenwart: Lotze und Fechner. Das Buch schließt mit einer kurzen Charakteristik der beiden modernen Hauptrichtungen der Naturphilosophie, des extremen

Empirismus (Mach) und des qualitativen Energetismus (Ostwald). Es gibt in klarer Darstellung eine gute philosophische und historische Orientierung über die wichtigsten Probleme, von denen nur die des Atomismus und des Vitalismus hervorgehoben seien. Ganz ausgeschlossen hat der Verfasser mit Recht eine Berücksichtigung des Materialismus, der innerhalb der Naturphilosophie bedeutungslos ist. Ohne entschieden zwischen den modernen Richtungen Stellung zu nehmen, läßt der Verfasser doch keinen Zweifel darüber, daß nur aus der Bezugnahme auf Kant und die an ihn anschließende neuere Philosophie eine Klärung der Ansichten auf naturphilosophischem Gebiet hervorgehen kann. *P.*

Die Grundlagen der angewandten Geometrie. Eine Untersuchung über den Zusammenhang zwischen Theorie und Erfahrung in den exakten Wissenschaften. Von Dr. Hugo Dingler. Leipzig, Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H., 1911. 160 S. M 5,—, geb. M 6,—.

Der Untertitel rechtfertigt es, daß wir das Buch in dieser Zeitschrift anzeigen. Es bietet in seinen auf unsere Unterrichtsfächer bezüglichen Teilen nichts Geringeres als eine neue und überzeugende Deutung des bekannten Ausspruchs von Kant, „daß in jeder besonderen Naturlehre nur so viel eigentliche Wissenschaft angetroffen werden könne, als darin Mathematik anzutreffen sei“. Der Verfasser geht davon aus, daß es in der Mathematik wie in den exakten Wissenschaften überhaupt Gesetze gibt, die unabhängig von jeder experimentellen Prüfung sind und dennoch als Norm für jede mögliche Erfahrung dienen. Er untersucht die Sachlage an dem physikalischen Beispiel des Beleuchtungsvorgangs und findet, daß die Hauptaufgabe der Forschung in der Aufsuchung des einfachen Elementarvorgangs besteht, an den sich, ähnlich wie in Fouriers Theorem, sekundäre Vorgänge verschiedener Ordnung anlagern. Die Aufsuchung aller sekundären, also störenden Vorgänge bezeichnet er mit einem der Mathematik entlehnten Ausdruck als Exhaustion. Wie diese Betrachtungen dann weiter auf das Problem der Genauigkeit und auf die „Geometrie des wirklichen Raumes“ Anwendung finden, bleibe den dafür interessierten Lesern in dem Buche selbst nachzulesen überlassen. *P.*

Über die Bedingungen für die Möglichkeit physikalischer Vorgänge. Volkstümliche Vorträge, gehalten an der Universität Czernowitz von M. Radakovic. Leipzig, Joh. Ambr. Barth, 1913. 56 S. M. 1,40.

Die hier veröffentlichten drei Vorträge behandeln die Einteilung der physikalischen Erscheinungen, das Energiegesetz und das Entropiegesetz. Die heut geltende systematische Einteilung der Physik wird gerechtfertigt und die Frage nach der Möglichkeit physikalischer Vorgänge dahin beantwortet, daß nicht alle denkbaren Kombinationen solcher Vorgänge möglich sind, sondern nur diejenigen, bei denen das Energie- und bzw das Entropiegesetz erfüllt ist. Die elementare Darstellung dieser beiden Gesetze ohne Zuhilfenahme irgendwelcher mathematischen Formel ist vom Unterrichtsstandpunkt recht interessant, kann aber doch namentlich bei dem Gesetz der Entropie nur zu einer verschwommenen Auffassung der Sache führen. Immerhin ist dem Schriftchen die Brauchbarkeit für volkstümliche Belehrung zuzuerkennen. Über die Anwendung der beiden Gesetze auf das Universum äußert sich der Verfasser zum Schluß in durchaus zurückhaltender Weise. *P.*

Wellpapparbeiten. Ein Lehrgang für einen physikalischen Arbeitsunterricht im Lehrzimmer. Von O. Frey, Seminaroberlehrer in Leipzig. Leipzig, E. Wunderlich, 1912. 143 S. M 2, geb. M 2,50.

Der Werkunterricht hat sich immer mehr als eine erwünschte Vorstufe der physikalischen Übungen auch an höheren Schulen erwiesen. Für die Volksschule wird mehrfach eine Verbindung des Werkunterrichts mit dem physikalischen Unterricht, also ein physikalischer Arbeitsunterricht, empfohlen. Der Verf. befürwortet diese Art des Unterrichts, die am besten in einer 3—4stündigen Arbeitszeit an einem Nachmittag stattfindet; was er mit diesem Unterricht zu erzielen hofft, ist eine Erziehung zum „motorischen Denken“, worüber er sich in der Einleitung ausführlicher ausspricht. Als Material für die Werkstattarbeit empfiehlt er in dem vorliegenden Büchlein die Wellpappe, die vermöge ihrer Struktur zu Anwendungen von einer erstaunlichen Mannigfaltigkeit geeignet ist. Der Fachmann wird mit Vergnügen die Verwendungsmöglichkeiten für alle Gebiete der Physik kennen lernen, die hier angegeben sind. Besonders hübsch und eindrucksvoll ist die Demonstration des Strahlengangs an Spiegeln und Linsen, wofür durch die Parallelfurchung des Materials von vornherein die Versinnlichung paralleler

Strahlen an die Hand gegeben ist. Eine Fülle trefflicher Anweisungen für den physikalischen Anfangsunterricht ist mit der Beschreibung der Wellpappapparate verknüpft. Ein Anhang bietet noch beachtenswerte Mitteilungen über Stahlkugeln als Hilfsmittel für Versuchsreihen, über die Verwertung der Glühstrumpfhülse, über Streifen und Faltblätter aus Schreibpapier. Hier ist ein reiches Material an Freihandversuchen dargeboten, das näher kennen zu lernen jedem angeraten werden kann, der mit dem elementaren Physikunterricht zu tun hat. *P.*

Das latente Bild. Von Dr. Lüppo-Cramer. (Enzyklopädie der Photographie. Heft 78.) Mit 2 in den Text gedruckten Abbildungen. VII und 66 Seiten. W. Knapp, Halle a. S., 1911. M 3,60.

Das angenehm zu lesende Büchlein behandelt die physikalischen und die chemischen Veränderungen der Silberhaloide durch das Licht, die gewöhnliche Solarisation, die Solarisation im roten Licht und die Umkehrerscheinungen durch Zerstäubung (Claydeneffekt). Es sind dies Erscheinungen, zu deren Aufklärung Verf. selbst viel beigetragen hat, und über die die Meinungen vielfach noch recht geteilt sind. Für jeden, der sich mit der Photographie in ernster Weise beschäftigt, wird es sehr angenehm sein, in diesem Büchlein eine knappe Übersicht über das Gebiet und bei den wichtigsten Streitpunkten (z. B. Subhaloide) eine wohlbegründete Stellungnahme des Verf. kennen zu lernen, zugleich aber auch einen ausführlichen Nachweis der recht zerstreuten Literatur zu finden. *W. Vn.*

Wirkungsweise und Gebrauch des Mikroskopes und seiner Hilfsapparate. Von Prof. Dr. W. Scheffer. Mit 89 Abbildungen im Text und 3 Blendenblättern. VII und 116 Seiten. B. G. Teubner, Leipzig und Berlin, 1911. M 3,—.

Der Verf. stellt sich in diesem empfehlenswerten Büchlein die Aufgabe, die Wirkungsweise des Mikroskopes in leicht verständlicher und doch streng wissenschaftlicher Weise darzustellen. Die drei ersten Abschnitte: Lagen- und Größenbeziehungen zwischen Objekt und Bild; Strahlenbegrenzung; Strahlungsvermittlung, sowie der Anfang des vierten: Verwirklichung der Abbildung, lehnen sich eng an die mathematische Behandlung von Abbe, Czapski und v. Rohr, wobei die mathematischen Ableitungen durch eine Andeutung des Gedankenganges und anschauliche Schilderung der Ergebnisse ersetzt ist. Die so auf einigen 20 Seiten gewonnenen allgemeinen Grundlagen werden bei der Besprechung der Einzelteile des Mikroskopes in der gründlichsten Weise verwertet, so daß man auch von dem scheinbar nebensächlichsten Bestandteil des Mikroskopes erfährt, wie er gestaltet ist, und warum er gerade so gestaltet ist. Dabei erstreckt sich diese Besprechung auch auf die seltensten Nebenapparate des Mikroskopes und Ultramikroskopes, auf Prüfungseinrichtungen und Hilfsmittel zur Mikrophotographie und Projektion, so daß auch der, der seine mikroskopische Ausrüstung erweitern und vervollständigen will, eine treffliche Anleitung erhält.

Zwei kleine Einwendungen: S. 14 steht: „Ein Teil des . . . Lichtes wird dadurch vernichtet, daß Wellenberge und Wellentäler zusammenfallen". Dazu ist zu sagen, daß die Interferenz niemals Licht vernichtet, sondern nur zu gewissen Stellen nicht hinläßt, dafür aber andere um so mehr begünstigt. Ferner wird mehrfach Lichtbewegung gesagt, wo die Fortpflanzung gemeint ist. Es dürfte besser sein, diesen ganz bestimmten Unterschied, zumal bei einem Transversalvorgang, nicht zu verwischen.

W. Vn.

Belichtungstabelle. Von Dr. Egon Meier. Halle a. S., W. Knapp. 8 Seiten. M 0,30.

Es werden gegeben Tabellen über die durchschnittliche Helligkeit zu den verschiedenen Tages- und Jahreszeiten unter 60, 53, 40, 30, 23 und 0 Grad geogr. Breite, ferner bei Schnee und besonderen Beleuchtungsverhältnissen und in verschiedener Berghöhe. Außerdem Zusammenstellungen über Plattenempfindlichkeit, Helligkeit der Blenden und Gelbscheiben. *W. Vn.*

Ausführliches Handbuch der Photographie. Von Josef Maria Eder. Bd. 1, 4. Teil. Die photographischen Objektive. 329 Seiten, 272 Abbildungen. Dritte, gänzlich umgearbeitete und vermehrte Auflage. Halle, Wilhelm Knapp, 1911. M 12,—, geb. M 13,50.

Die neue umgearbeitete Auflage beginnt mit einer kurzen gemeinverständlichen photographischen Optik und einem geschichtlichen Überblick über Kamera und Objektiv. Ziemlich eingehend wird die Lochkamera besprochen, und mehrere Kapitel geben recht erschöpfende Auskunft über die älteren Objektivformen. Bei den modernen Anastigmaten besteht die Darstellung im wesentlichen in

der Aufzählung der verschiedenen Fabrikate nebst Angabe der Linsenzahl, Krümmungsradien und Glassorten. Es ist kaum möglich, daraus einen Anhalt für die Auswahl zu gewinnen, und man sieht, daß selbst eine Anstalt, wie die von Eder geleitete, der raschen Entwicklung nicht vollständig hat folgen können. Es wird die Aufgabe der nächsten Auflage des Buches sein, dieses Kapitel zu einem so auskunftbereiten Führer zu gestalten, wie es die vorhergehenden bezüglich der älteren Objektive sind. Wesentlich dasselbe gilt für die modernen Objektivsätze. Eingehend sind die Teleobjektive behandelt, in angemessener Kürze die Spiegelobjektive und die Bildumkehrung mit Spiegel und Prisma. Bei den Blenden werden sehr verbreitete Irrtümer mit Gründlichkeit abgewiesen und die Bedürfnisse der Reproduktionstechnik anschaulich dargestellt. Die Prüfung der Objekte nach verschiedenen Methoden wird, der Wichtigkeit der Sache entsprechend, sehr eingehend behandelt. Die Ratschläge für die Wahl der Objektive sind allgemein gehalten unter Hervorhebung der für jeden Verwendungszweck zu erfüllenden Ansprüche. Die Berechnung der Belichtungszeit wird einmal unter Rücksicht auf Helligkeit und Plattenempfindlichkeit, das andere Mal unter Rücksicht auf die Bewegungsgeschwindigkeit der Objekte gegeben. Schließlich wird die physikalisch interessante, aber photographisch unzureichende Zonenplatte erläutert. Ausführliche Autoren- und Sachregister erleichtern den Gebrauch des wertvollen Werkes. *W. Vn.*

Anleitung zu den wichtigsten physikalischen Schulversuchen von Dr. Wilhelm Volkmann. Mit 262 Textfiguren. Berlin, Rud. Mückenberger. VI und 266 S. Geb. M 7,—.

Der den Physiklehrern als Urheber zahlreicher zweckmäßiger Apparate und Schulversuche bekannte Verfasser stellt schon in der Vorrede seines Buches Erörterungen darüber an, welche Schulversuche die wichtigsten sind. Er empfiehlt besonders, sich von den Fesseln einer überkommenen Systematik zu befreien und viel mehr Nutzen aus dem zu ziehen, was jedesmal zufällig nahe liegt. Im einzelnen wird der erfahrene Lehrer wohl öfters anderer Ansicht über manche vom Verfasser für unnötig oder veraltet erklärte Gegenstände des Physikunterrichts sein. Mit der Ansicht, daß gegenwärtig manchmal schon zuviel experimentiert werde, kommt der Verfasser denjenigen entgegen, die auch heute noch lieber mehr mit der Theorie hantieren. Zu viele Apparate aus dem Schrank zu holen, wird ein aufmerksamer Anfänger sich doch wohl bald von selbst abgewöhnen. Wenn es dem Verfasser erlaubt erscheint, im Vortrage einmal zu Höhen aufzusteigen, in die die Schüler nicht mehr folgen können, so sollte doch ab und zu ein Experiment Gnade finden, bei dem es nicht möglich ist, alle Einzelheiten vollkommen zu erklären. Vom Erlebten lernt der Schüler immer etwas, von bloßen Worten oft nichts.

Der Verfasser schildert nun in den einzelnen Kapiteln: Unterrichtszimmer und Sammlung, allgemeine Hilfsmittel, die Projektionseinrichtung und die elektrische Anlage; dann folgen die Abschnitte: Mechanik, Flüssigkeiten, Gase usw., in denen die nach seiner Ansicht empfehlenswertesten Hilfsmittel für den Physikunterricht überall fesselnd und mit nützlichen Hinweisen, dargestellt sind. Mit den Ausführungen über das Universalstativ gibt der Verfasser zugleich eine Fortsetzung des 1905 bei Julius Springer erschienenen Buches: Der Aufbau physikalischer Apparate aus selbständigen Apparatenteilen (Physikalischer Baukasten). Es sind nur Dinge behandelt, die vom Verfasser selbst erprobt sind; die dabei selbstverständliche Einseitigkeit wird man nicht anders erwarten. Viel von dem, was andere überzeugt für ungleich zweckmäßiger und der Jugend mehr entsprechend halten, ist in dem Buche kaum gestreift. In einem für den Fachmann geschriebenen Werke müßte auch wohl überall darauf Gewicht gelegt werden, daß fremde Urheberschaften erkennbar sind. Dem Referenten hat der Herr Verfasser es brieflich ausgesprochen, daß er den auf S. 147 mitgeteilten Interferenzversuch mit zwei abgestimmten Luftsäulen, der die Phasenverschiedenheit der von einer Stimmgabel ausgehenden Wellen zeigt (d. Zeitschr. *XVI* 30), nicht selbst gefunden hatte.

In einigen Fällen, wo altbekannte Versuche als unzweckmäßig hingestellt sind, könnte man die geschilderten Übelstände durch einfache Maßnahmen beseitigen. Den Docht der kleinen Kerze für die Taucherglocke z. B. braucht man nur, soweit es geht, abzuknipsen, damit die Flamme deutlich einige Zeit tief im Wasser weiterbrennt. Daß physikalische Versuche auch Dinge zeigen, die eigentlich in die Chemie gehören, ist doch für das so notwendige Zusammengehen beider Wissenschaften höchst erwünscht. Es sei gestattet, noch einige Punkte zu berühren, wo eine entgegengesetzte Auffassung berechtigt erscheint. Die bei Vereinfachung

des Experimentiertisches fortfallende bequeme Heizvorrichtung für elektrostatische Apparate (Tisch nach Weinhold) möchte doch manchem sehr nützlich sein. Auch das Sonnenlicht ist ein so köstliches Hilfsmittel für Vereinfachung und Verschönerung des Physikunterrichts, daß man es weniger leicht aufgeben oder nur selten benutzen sollte. Die für sehr große Verhältnisse vielleicht nötigen Verzichte sollten für den Jugendunterricht nicht maßgebend sein.

Über das „Ansingen" der singenden Flamme ist die verbreitete Meinung wiedergegeben, daß dies bei einiger Übung garnicht schwierig sei. In Wirklichkeit liegt die Sache wohl so, daß das ohnehin eintretende, wenn auch vielleicht 10 Sekunden zur Entwicklung erfordernde Auftreten der Schwingungen durch das Ansingen nur beschleunigt wird. Man versuche nur einmal, einen Flammenton anzusingen, der nach etwa einer Minute vom Einstellen ab nicht schon von selbst auftrat. Es ist vielmehr sehr schwer, den Versuch so einzurichten. Leichter erhält das Flammenrohr eine solche Lage, daß die Flamme laut mittönt, und einige Sekunden lang nachtönt, wenn man den Ton des Klangrohrs angibt (d. Zeitschr. *XV*, 274).

An manchen Stellen des Buches sind besondere Lehrgänge vorgeschlagen, so beim Galvanismus. Man solle von der Beschleunigung des Auflösens von Zink durch den Kontakt mit einem gleichfalls eingetauchten Kupferdrahte ausgehen. Man kann nur schwer glauben, daß das historische Bild der Entwicklung des Galvanismus mit Einschluß des Froschschenkelversuches jemals trotz aller Fortschritte des Galvanismus für die Jugend an Wert verlieren könnte. Besonders im Abschnitte über Wärme ist in dem Buche zu Vieles kurz zusammengedrängt, was in solcher Form nicht als Anleitung ausreicht. Über die Versuche mit Natriumazetat muß man sich doch schon in d. Ztschr. eine gründlichere Aufklärung holen. Daß auch „Spielereien" mit flüssiger Luft schon beschrieben seien, ist wohl keine die Wertschätzung anderer Autoren fördernde Bemerkung.

Leider können die so zahlreichen trefflichen Vorschläge des Buches hier nur summarisch hervorgehoben werden. Manche Abschnitte stellen gründliche und bleibende Fortschritte dar, sowohl für die theoretische Behandlung der Erscheinungen — wie die Ausführungen über Bilder von magnetischen Kraftfeldern — als auch für das Anstellen der Versuche selbst, wofür die Verwendung von Lamettafäden nach Angabe des Verfassers ein schönes Beispiel gibt.

Rebenstorff.

Handbuch für physikalische Schülerübungen. Von Hermann Hahn, Professor am Dorotheenstädtischen Realgymnasium und Leiter der Kurse für physikalische Schülerübungen in dem naturwissenschaftlichen Fortbildungsinstitut für Lehrer höherer Schulen zu Berlin. 2. verbesserte Auflage mit mehr als 340 in den Text gedruckten Figuren. Berlin, Julius Springer, 1913. (Preis M 20, in Leinwand geb. M 22.)

Die erfreulichen und überraschend großen Fortschritte, die in den letzten Jahren die Entwicklung des physikalischen Unterrichts der Unterstufe vom reinen Demonstrationszum Arbeitsunterricht gemacht hat, verdanken wir zweifellos in erster Linie dem ausgezeichneten Handbuch Hermann Hahns, dessen erste Auflage 1908 erschien und in dieser Zeitschrift (*XXII*, *202*) besprochen wurde. Die gründlichen und eingehenden Darlegungen dieses bewährten Buches haben viele Lehrer veranlaßt, die Arbeitsmethode im physikalischen Unterricht zu versuchen, und sie befähigt, dieselbe in befriedigender Weise durchzuführen.

Es ist unnötig, einem Buche von dem Ruf des Hahnschen Handbuches, von dem heute die zweite Auflage vorliegt, noch Worte der Anerkennung mit auf den Weg zu geben, um so mehr, als die neue Auflage keine tiefergehenden Änderungen aufweist. Selbst der Wunsch, daß es auch weiterhin zahlreiche Freunde und Jünger finden möge, erscheint angesichts seines bisherigen Erfolges fast als eine Überflüssigkeit.

K. Noack.

Naturkunde für Lyzeen und Höhere Mädchenschulen. Von Siemon und Wunschmann. Dritter Teil: Physik, Chemie und Mineralogie. Physik von Professor Paul Siemon. Mit 211 Figuren im Text und einer farbigen Spektraltafel, 292 S. Chemie und Mineralogie von Prof. Dr. E. Wunschmann. Mit 99 Figuren, 124 S. Fünfte, neu bearbeitete Auflage. Geb. M 4,—. Ferdinand Hirt, Königliche Universitäts- und Verlagsbuchhandlung, Breslau, Königsplatz 1, 1912.

Das Werk gibt in seinen verschiedenen Auflagen ein Bild von der Entwicklung der höheren Mädchenschulen. Die vorliegende fünfte Auflage bedeutet nach Form und Inhalt einen weiteren Schritt vorwärts; insbesondere sucht sie durch Aufnahme von Schülerinnenübungen den Forderungen eines

modernen physikalischen Unterrichts gerecht zu werden.

Die Behandlung der Elektrolyse ist in mehrfacher Hinsicht zu beanstanden. Von der auf Seite 95 des chemischen Teils angegebenen Darstellung des Wasserstoffs ist wegen der Explosionsgefahr dringend abzuraten; das Natrium darf nicht im Zylinder emporsteigen, sondern muß mit einem Drahtlöffel unter der Öffnung des Zylinders festgehalten werden. Unter den reichlich gebotenen, teilweise vortrefflichen Übungen wird man mit der Zeit aussondern und ergänzen. Was speziell die chemischen Übungen angeht, so sind sie zu sehr eine reine Wiederholung der bereits im Unterricht angestellten Versuche.

Das Werk präsentiert sich in dem bekannten, vom Verlage seit 10 Jahren verwendeten, imitierten Leineneinband, der in kürzester Zeit unansehnlich wird und zerfetzt. Er hat sich so wenig bewährt, daß der Verlag sich ein Verdienst erwerben würde, wenn er sich entschließen könnte, ihn durch einen besseren zu ersetzen. *Grabow -Neumünster.*

Physik für höhere Mädchenschulen. Ausgabe B für Realschulen, Gymnasien und Realgymnasien. Unter besonderer Berücksichtigung der Kgl. Bayr. Lehrpläne vom 8. April 1911 bearbeitet von Johann Kleiber, Kgl. Professor der Städtischen Handelsschule in München, und Martin Schinnerl, Hauptlehrer an der Städtischen Höheren Mädchenschule in München. Mit 403 Figuren und vielen Wiederholungsfragen. München, R. Oldenbourg, 1912. VI und 274 S. Geb. M 3,—. Ergänzungsbändchen zur Ausgabe B für die Oberklasse der Realgymnasien. Mit 130 Figuren und vielen Wiederholungsfragen. VIII und 103 S. Von denselben Verfassern und dem gleichen Verlage. Kart. M 1,20.

Das Werk zeichnet sich durch Klarheit im Text und in den Figuren aus. Außer den schematischen Zeichnungen finden sich auch mehrere Bilder, die teilweise historischen Stichen nachgebildet sind und geeignet erscheinen, das Interesse der Schülerinnen zu fördern. Am Schluß des Werkes stehen treffliche geschichtliche Notizen, deren Wert besonders hervortritt, wenn man sie mit jener ergötzlichen Bemerkung vergleicht, die sich im Hauptbande auf Seite 7 findet. Dort heißt es wörtlich: „Geschichtliches: Früher hielt man die Luft für nichts; dies zeigt das Sprichwort: Das ist mir Luft“.

Mit Gründlichkeit und Geschick sind die ministeriellen Vorschriften beobachtet, nach denen die Schülerübungen nach Möglichkeit die Grundlage des Unterrichts bilden sollen. Jedem Kapitel gehen durch Schülerinnen auszuführende Vorübungen voraus, die auf die abzuleitenden Gesetze hinarbeiten. Nur im Ergänzungsbändchen sind, dem Charakter der Oberstufe entsprechend, die praktischen Übungen an das Ende der Kapitel gestellt. Das Vorausstellen der Übungen hat ohne Zweifel etwas Gutes; um so mehr ist es zu verwundern, daß die Versuche und Erfahrungstatsachen, die der Lehrer selbst zur Ableitung der Gesetze benutzt, diesen teilweise nachgestellt sind.

Von mir aufgefallenen Einzelheiten seien folgende erwähnt: Ich halte es für unzulässig, absolute Maße zu gebrauchen, ohne die Schülerinnen über ihre Bedeutung gründlich aufzuklären. Es ist wenig glücklich, Kohäsion und Adhäsion mit Hilfe der Kapillar-Attraktion und Depression zu erklären; umgekehrt ist es natürlicher und besser. Über konstante und inkonstante Elemente erfährt man nichts, ebensowenig über die Polarisation; und der Akkumulator wird im wesentlichen mit den Worten abgetan, daß er das modernste galvanische Element sei. Die Überschriften zu den Abschnitten der Elektrizätslehre sind nicht immer einwandfrei, weil sie sich teilweise nicht ausschließen. *Grabow-Neumünster.*

Neuere thermochemische Werke.

Sieht man von der Thermochemie der organischen Verbindungen ab, deren Erforschung einseitig sein muß, da man fast ausschließlich auf die Bestimmung der Verbrennungswärmen angewiesen ist, so hat die gesamte Thermochemie in den letzten Jahren eine ganz neue Richtung und Anregung erhalten durch die Aufstellung des Nernstschen Wärmetheorems, das eine Art von drittem thermodynamischen Hauptsatz darstellt. Da der erste und zweite Hauptsatz nur von Veränderungen der Energie und Entropie handelt, kann man mit ihrer Hilfe aus thermochemischen Daten nur Verschiebungen von Gleichgewichten ableiten, während das neue Wärmetheorem weiter geht. Es sagt bekanntlich aus, daß sich die Kurven für die Wärmetönung und die maximale Arbeit im absoluten Nullpunkte nicht schneiden, sondern asymptotisch berühren, falls an der Reaktion nur feste oder flüssige Systeme beteiligt sind. Daraus folgt, daß man die Affinität fester und flüssiger Stoffe, wenn man die Temperaturveränderlichkeit ihrer spezifischen Wärmen kennt, bei allen Temperaturen aus rein thermischen Größen berechnen kann. Kennt man den

Verlauf der Dampfdruckkurven, so ist die Berechnung auch für Gase und Dämpfe, also für alle Systeme ohne Ausnahme, möglich. —

Allen, die sich für Thermochemie interessieren, sei ein Büchlein warm empfohlen, das eine Monographie über dieses Nernstsche Theorem darstellt:

Die Berechnung chemischer Affinitäten nach dem Nernstschen Wärmetheorem. Von Dr. F. Pollitzer, München. Mit 9 Abb. Mit einem Vorwort von Prof. Dr. W. Nernst. (Sonderausgabe aus der Sammlung chemischer und technischer Vorträge, herausgegeben von Prof. Dr. W. Herz, Breslau. Band XVII.) Stuttgart, Ferd. Enke, 1912. 171 Seiten. Lex.-8°. Geh. M 3,60.

Das Buch gibt eine ausführliche Ableitung des Satzes und eine Fülle von Anwendungen, die z. T. ganz überraschend sind. In etwa 80 Fällen lagen alle Daten vor, um die Gleichgewichte, Wärmetönungen oder elektromotorischen Kräfte zu berechnen. Wo die Übereinstimmung mit dem direkten Befund schlecht war, lag es in mehreren Fällen daran, daß die früher (z. B. von Thomsen) gemessenen Wärmetönungen unexakt waren. Eine Neubestimmung mit unseren modernen kalorimetrischen und präparativen Hilfsmitteln ergab Werte, die mit dem Wärmetheorem zusammengingen. Das bedeutet wohl die schärfste Prüfung des Satzes und ist so gut ein Triumph wie seinerzeit die Richtigstellung mancher Atomgewichtswerte, die mit dem periodischen Gesetz nicht stimmten. Das *Pollitzer*sche Buch ist eine Fundgrube für solche, die an scharfsinnigen Deduktionen und kühnen Kombinationen von scheinbar heterogenen Dingen Freude haben. Nur schade, daß das Finden, falls man ein bestimmtes Beispiel sucht, durch das Fehlen jeglichen Registers sehr erschwert wird; hier muß bei einer Neuauflage Änderung geschaffen werden.

Bei dieser Gelegenheit müssen auch die in der zweiten Tabelle zusammengestellten Wärmetönungen einer durchgreifenden Revision unterzogen werden, namentlich die für die wichtigsten Verbindungen des Kohlenstoffs und Wasserstoffs. Die im Anhang enthaltenen Tabellen und Formelsammlungen erleichtern die oft sehr komplizierten Rechnungen bedeutend, die der Nernstsche Satz und seine Grundlagen, namentlich die Temperaturveränderlichkeit der spezifischen Wärmen, mit sich bringen. —

Auf breiterer Basis aufgebaut ist ein anderes, ebenfalls in den Nernstschen Satz mündendes Buch:

Lehrbuch der Thermochemie und Thermodynamik. Von Prof. Dr. Otto Sackur, Privatdozent an der Universität Breslau. Mit 46 Fig. im Text. Berlin, Julius Springer, 1912. VIII u. 340 S. M 12,—; in Leinwand geb. M 13,—.

Das Thermodynamische überwiegt und scheint dem Referenten den originelleren und wohl auch besser gelungenen Teil des Buches zu bilden. Dieser mehr theoretische Teil ist ganz vorzüglich; besonders das Hineinverweben von kinetischen Anschauungen in die thermodynamischen Betrachtungen verdient alles Lob. Dem Nernstschen Satz gewinnt der Verf. neue Seiten ab. Wer sich über die Stellung des Theorems in der Thermodynamik orientieren will, wird am besten zu dem Sackurschen Buch greifen.

Folgende kleine Ausstellungen möchte der Referent machen: Es ist wohl praktischer, den Begriff „Grad“ gleich am Gasthermometer abzuleiten statt erst am Quecksilberthermometer. S. 34 ist der Satz: „Offenbar besitzt Kohlenstoff das Bestreben, sich bereits unterhalb seines Schmelzpunktes in Dampf zu verwandeln.“ irreführend, da dies Bestreben sehr vielen Stoffen zukommt. Bei c_p/c_v würde richtiger hervorgehoben, daß die für Quecksilberdampf experimentell erwiesene Einatomigkeit auch für die Edelgase angenommen wurde, weil jenes Verhältnis das gleiche war. Bei den Verbrennungswärmen wäre die Bestimmung der gegenseitigen Lage mehrerer Doppelbindungen hervorzuheben; in gewissen Fällen ist der genaue Konstitutionsbeweis am schärfsten kalorimetrisch zu führen. Die Wärmetönung bei der elektrolytischen Dissoziation ließe sich mit Vorteil etwas ausführlicher behandeln, da es kaum eine Größe giebt, die sich auf so verschiedenen Wegen bestimmen und ableiten läßt; man kann hier also die Zusammenhänge zwischen verschiedenen Erscheinungen besonders gut zeigen.

Bei einer Neuauflage wäre überhaupt eine etwas eingehendere Behandlung der eigentlichen Thermochemie erwünscht. Trotz dieser kleinen Mängel kann das anregend und klar geschriebene, inhaltreiche Buch Chemikern und Physikern warm empfohlen werden, da es ein gutes und fast vollständiges Bild von dem jetzigen Stande der Thermodynamik, als einer Hauptwurzel der Chemie und Physik, gibt. —

Bei dieser Gelegenheit sei den Lesern angezeigt, daß die **Theoretische Chemie** von Nernst 1913 in 7. Auflage erschienen ist. Jedes empfehlende Wort erübrigt sich. Aber da die Thermodynamik sogar auf dem Titel als Grundlage des Werks hervorgehoben ist, soll das Buch auch an dieser Stelle erwähnt werden. Außer den kurzen Abschnitten über die Größe und reale Existenz der Atome, über die Bestimmung des Elementarquantums und der Theorie der Wärmestrahlung sind besonders die thermodynamischen Teile stark vermehrt; es ist besonders reizvoll, das neue Wärmethorem nebst seinen mannigfachen Konsequenzen von seinem Entdecker ausführlich dargestellt zu lesen.

Auf ein weiteres Buch wird in einem anderen Zusammenhang einzugehen sein.

W. Roth-Greifswald.

Tables annuelles de constantes et données numériques de chimie, de physique et de technologie. Publiées sous le patronage de l'Association internationale des Académies par le Comité international. Commission permanente du Comité international: Prof. M. Bodenstein (Hannover), Prof. G. Bruni (Padova), Prof. E. Cohen (Utrecht), Dr. Ch. Marie (Paris), Dr. N-T-M Wilsmore (London). Secrétaire général Dr. Ch. Marie. Vol. I. Année 1910. Gauthiers-Villars (Paris), Akademische Verlagsgesellschaft (Leipzig), I. A. Churchill (London), University of Chicago Press (Chicago), 1912. XXXIX und 727 S. 4°. M 21,50.

Die „Jahrestabellen chemischer, physikalischer und technologischer Konstanten und Zahlenwerte" — wie der Untertitel in deutscher Sprache heißt — werden von einem internationalen Ausschuß herausgegeben, der auf dem VII. Kongreß für angewandte Chemie (London 1909) ernannt wurde. und dem z. B. deutscherseits R. Abegg (†), W. Biltz, M. Bodenstein und K. Scheel angehören.

Das neue Tabellenwerk enthält ein außerordentlich reichhaltiges Material, das durch eine weitgehende Teilung der Arbeit herangeschafft wurde. Von Mitarbeitern, die die Zeitschriften des Jahres 1910 exzerpiert haben, sind allein aus Deutschland und Österreich-Ungarn 41 Namen zu nennen. Die Zahlenangaben erstrecken sich in der Chemie und Physik auf alle Gebiete, in der Technologie hauptsächlich auf Metallurgie. Innerhalb der Tabellen ist der Text französisch, doch sind die kurzen „Bemerkungen über den Gebrauch der Tabellen", die Kapitelübersicht und vor allem das ausführliche, 18 Seiten umfassende „Inhaltsverzeichnis" außerdem noch in deutscher, englischer und italienischer Sprache wiedergegeben. Das gleiche gilt von den Kopftiteln der einzelnen Seiten; hier ist sogar, was das Aufsuchen sehr erleichtert, der deutsche Name immer vorangestellt. Die „Tables annuelles" stellen ein großzügig angelegtes Werk dar, das in den wissenschaftlichen Instituten aller Länder ein willkommener Gast sein wird. Dennoch sind sie für Deutschland, besonders was die Zwecke des naturwissenschaftlichen Unterrichts der höheren Lehranstalten angeht, nicht als ein Ersatz der Tabellen von Landolt-Börnstein-Roth anzusehen.

O. Ohmann.

Praktikum der Elektrochemie. Von Prof. Dr. Franz Fischer, Vorsteher des elektrochemischen Laboratoriums der Kgl. Technischen Hochschule in Berlin. Mit 40 Fig. Berlin, J. Springer, 1912. VIII u. 134 S. Geb. M. 5,—.

Das Buch gibt an der Hand einer großen Zahl trefflicher Skizzen von umfangreicheren Versuchsanordnungen einen vorzüglichen praktischen Überblick über die wichtigsten Gesetze der Elektrochemie. In methodischer Hinsicht ist besonders zu loben die Gliederung jeder größeren Aufgabe in die Abschnitte „Besprechung" — die oft mehr als die Hälfte der ganzen Aufgabe einnimmt — und „Ausführung", denen noch ein kurzer Abschnitt „Zubehör" zweckentsprechend in Petitdruck zwischengeschaltet ist. In dem Abschnitt „Besprechung" wird eine theoretische Vorbetrachtung, gewissermaßen die Analysis der Aufgabe, geboten. Wenn auch die wenigsten der hier exakt durchgeführten Versuche sich im Praktikum der Realvollanstalten ausführen lassen, so kommen doch mehrere für den Unterricht in Frage, und so sei auch aus diesem Grunde das Buch angelegentlich empfohlen.

O.

Lehrbuch der Chemie und Mineralogie. Ein Lehrbuch, auf moderner Grundlage nach methodischen Grundsätzen bearbeitet von Dr. E. Kotte, Oberlehrer in Dresden. Große Ausgabe A in 3 Teilen. I. Teil. Einführender Lehrgang der Chemie und Mineralogie. Mit 143 Figuren. 2. völlig umgearbeitete Auflage. Dresden-Blasewitz, Bleyl u. Kämmerer, 1913, 208 S., geb. M 2,60.

Schon in der ersten Auflage hatte Herr Kotte aus anerkannten chemischen Büchern viel Gutes zusammengebracht. Dies wurde jedoch von der Kritik nicht gebührend gewürdigt; nur in den Jahresberichten über das

höhere Schulwesen (1911) 25, XIII, 85 schrieb Doermer: „Ostwalds Grundlinien der Chemie und desselben Verfassers Schule der Chemie haben denn auch eine Fülle von Beiträgen, für den ersten Teil wenigstens, geliefert. Während dies nun im Vorwort auch deutlich zum Ausdruck kommt, vermißt der Ref. dort einen einzigen Hinweis darauf, daß Arendts Lehrbücher der Chemie und Mineralogie an sehr vielen Stellen oft wörtlich, ja gelegentlich einschließlich eines Druckfehlers den Text geliefert haben."

Jetzt steht die zweite „völlig umgearbeitete" Auflage zur Besprechung. Da zeigt sich, daß Herr Kotte wieder sehr fleißig gewesen ist, daß er aber gerade die angezogene Kritik nicht gelesen hat oder nicht hat verstehen wollen. Er schreibt im Vorwort: „Das bisherige erste Kapitel ..... ist dem Seziermesser vollständig verfallen .... Statt dessen setzt die Untersuchung nun in ganz konkreter Weise mit der Untersuchung des Schwefels und der Schwefelerze ein; ein Vorgang, für den in der Literatur Vorbilder vorhanden sind." Genannt werden diese Vorbilder nirgends, deshalb soll versucht werden, sie nachträglich ausfindig zu machen.

Wer den Leitfaden der Chemie und Mineralogie von **Ohmann** mit dem vorliegenden Buche vergleicht, dem wird auf den ersten Blick eine weitgehende Ähnlichkeit auffallen. Gleich die ersten Paragraphen über Schwefel, Bleiglanz, Schwefelkies, Kupferkies, Zinnober, Zinkblende, künstliche Schwefelverbindungen usw., Abschnitte, die in ihrer Anordnung und Bearbeitung für den Ohmannschen Leitfaden äußerst charakteristisch sind, finden sich fast mit allen Unterabteilungen und fast in derselben Reihenfolge bei Kotte wieder. Es sind dabei wichtige methodische Gedankengänge mit allen Einzelheiten, mit zahlreichen didaktischen Kunstgriffen, mit Erläuterungen und Schlußfolgerungen, ja sogar mit kleinen Nebenbemerkungen übernommen worden.

Bei der Zersetzung der Schwefelerze treten auch fast alle Versuche Ohmanns mit ihren Einzelheiten wieder auf; der Zusammenhang läßt sich bis auf eine Figur (Kotte, Fig. 10) zur Zinnoberverbrennung verfolgen, die ungefähr das Spiegelbild der Fig. 29 bei Ohmann ist. In beiden Lehrgängen entsteht nun wörtlich übereinstimmend die Frage: „Lassen sich die Metalle auch künstlich mit dem Schwefel verbinden?" (Ohmann, S. 17; Kotte, S. 14.)

Solche wörtlichen oder nahezu wörtlichen Übereinstimmungen braucht man übrigens nicht lange zu suchen; sie sind zu vielen Dutzenden vorhanden und erstrecken sich oft über eine Viertelseite*). Daß diese wörtlichen Anklänge kein Zufall sind, erhellt aus der Tatsache, daß sogar ein Druckfehler mit abgeschrieben worden ist. (Vgl. hierzu auch oben Doermer.)

Ohmann (S. 81): Sie [die Zeichensprache] wurde von dem schwedischen Chemiker Jakob Berzelius (1779—1840) aufgestellt.	**Kotte** (S. 90): Diese [Zeichensprache] wurde zuerst von dem schwedischen Chemiker Jakob Berzelius (1779–1840) entwickelt.

Berzelius starb erst 1848.

An die obenerwähnte Frage schließen sich in beiden Büchern fast genau dieselben Versuche über die Sulfurierung der Metalle mit vielfach denselben Erläuterungen an. So geht es weiter, nur daß Herr Kotte vielleicht die Reihenfolge *a*, *d*, *c*, *b* innehält, wenn es bei seinem Muster hieß *a*, *b*, *c*, *d*.

Interessant ist es, daß nicht bloß die eigenartig durchgeführte Luftuntersuchung Ohmanns vor Herrn Kottes Augen Gnade gefunden hat, sondern damit zusammenhängend auch noch einiges scheinbar Nebensächliche. An die Luftuntersuchung knüpft nämlich Ohmann Erläuterungen über die Natur der Gase (S. 41 ÷ 43), und er spricht erst viel später über die Energie bei chemischen Vorgängen (S. 166), entgegen dem gewöhnlichen Gebrauch, der die Erörterungen über die Energieverhältnisse bereits im Anschluß an den Sauerstoff beginnt. Genau so handelt Herr Kotte (S. 38, 39 u. 79), und seine Worte klingen auch hierbei dem Kenner des Ohmannschen Buches sonderbar vertraut.

Auch die Untersuchung des Wassers und der Vergleich zwischen der Oxydation des Wasserstoffs und dem Verkalken der Metalle ist in beiden Büchern von der gleichen Eigenart. Diese Übereinstimmungen lassen sich weiter durch den ganzen Lehrgang hindurch verfolgen.

Zudem ist eine große Anzahl der Originalversuche Ohmanns — Fortbrennen von Aluminium unter Wasser, Absorption des Luftsauerstoffs durch die Wasserstoffflamme im abgeschlossenen Raum, die Zündung durch glühende Stricknadeln — ohne jede Quellenangabe benutzt, und, was nicht unerwähnt bleiben mag, auch die systematischen

*) *Anm. der Red.* Die ausführlichen Belege hierfür sind der Redaktion dieser Zeitschrift übergeben und von dieser als beweiskräftig anerkannt worden.

Übersichten (S. 105 u. 175) sind nicht Herrn Kottes Eigentum.

Der chemische Teil des Buches, das Herr Kotte mit großen Worten in die Welt gehen läßt, ist ein unerhörtes Plagiat. Der mineralogische Teil ist es nicht minder. Hier hat in der Hauptsache der Leitfaden der Mineralogie von Ruska als Vorlage gedient. Von den Kristallformen in beiden Büchern stimmt ein Viertelhundert so vollkommen überein, daß man unwillkürlich an Pauspapier denkt. Wären nicht die Linien bei Kotte stärker ausgezogen, so würde man unzweifelhaft glauben, daß er dieselben Druckstöcke benutzt habe, wie sie für Ruskas Leitfaden verwendet wurden. Man verlgeiche die Kristallfiguren für den Schwefel; einige davon sind für Ruska ganz charakteristisch. Man betrachte ferner die Ableitung der hemiedrischen Formen aus dem Würfel und dem quadratischen Prisma (Ruska, Abb. 34 ÷ 37, 44 ÷ 47, 51 ÷ 58, 64 ÷ 67, 83, 85; Kotte, Fig. 83 ÷ 86, 89 ÷ 93, 98 ÷ 105, 116, 117). Auch diese Ableitung ist Ruskas Leitfaden eigentümlich.

Mit den Figuren ist auch gleich der Text hinübergewandert. Herr Kotte schließt sich mit seinem Text eng, zum großen Teil wortgetreu, an seine Vorlage an; er vergißt z. B. auch nicht die eingehend geschilderte Herstellung von Kristallfiguren aus Plastilinawürfeln. Er vergißt nur, woher ihm all die Weisheit kam, sonst würde er sich wohl scheuen, in einem Rundschreiben als Textprobe Sätze in die Welt zu senden, die wörtlich bei Ruska stehen. Wen es näher interessiert, der vergleiche die schöne Beschreibung der Kristallisation von Schwefel aus Schwefelkohlenstoff (Ruska, S. 7; Kotte, S. 8), oder die Gebrauchsanweisung des Pyknometers (Ruska, S. 4; Kotte, S. 6).

Es mag genügen. Auch hier zeigt sich beim eingehenden Vergleich von Ruska und Kotte eine weitgehende Übereinstimmung nicht nur in der Darstellung einzelner Tatsachen, sondern auch in der Anwendung pädagogischer Hilfsmittel. Es ist Ruska genau so ergangen, wie Ohmann: beide sind systematisch ausgeplündert worden.

Außer Ostwald, Arendt-Doermer, Ohmann und Ruska wird sich noch mancher andere in diesem großen Zettelkasten bei näherem Zusehen wiederfinden. Der Kürze halber können nur einige Andeutungen gegeben werden. B. Schmid, Lehrbuch d. Min. (1. Aufl.), Fig. 62, 63, 66 (Kotte, Fig. 133 ÷ 135); Scheid, Leitfaden d. Chem., quantitative Versuche, z. B. S. 4 oben (Kotte, S. 84); Rüdorff-Lüpke-Böttger, Grundriß d. Chem., Reduktion von Eisenoxyd durch Aluminium, S. 320 (Kotte, S. 75); Bräuer, Lehrbuch der Chem. (1. Aufl.), Fig. 12 mit Text (Kotte, S. 65).

Doermer hat die erste Auflage eine „geschickte Schreibtischarbeit" genannt; man ist versucht und berechtigt, für die vorliegende Ausgabe einen andern, weniger milden Ausdruck zu gebrauchen. Bislang war eine derartige Herstellung eines Buches in den Kreisen akademisch gebildeter Lehrer nicht üblich.

Man kann Herrn Kotte nur den dringenden Rat geben, seine Bücher aus dem Handel zurückziehen und einstampfen zu lassen. *R. Winderlich-Oldenburg i. Gr.*

Notions fondamentales d'analyse qualitative. Par V. Thomas et D. Gauthier, Paris, Gauthier-Villars, 1912, 325 S.

Das Buch will nicht wie die meisten Leitfäden der Analyse ein Vorbereitungsbuch zu einem Examen sein, sondern will den strebsamen Anfänger in möglichst einfacher Weise in das Gebiet der Analyse einführen. Dieser Zweck wird durch eine sehr klare und übersichtliche Darstellung und durch zahlreiche kleine, aber instruktive Figuren in trefflicher Weise unterstützt. Auch über die Benutzung des Mikroskopes bei kristallisierten Stoffen und über die spektroskopischen Methoden werden kurze Anweisungen gegeben. Das Buch sei der Beachtung empfohlen. *O.*

Rüdorffs Grundriß der Chemie für den Unterricht an höheren Lehranstalten, Ausgabe B, von Prof. Dr. A. Krause. Mit zahlreichen Figuren und 1 Spektraltafel. 16. Aufl. Berlin, H. W. Müller, 1913. 310 S. Geb. M 4.

Die neue Ausgabe des hier wiederholt angezeigten Buches hat besonders hinsichtlich der physikalischen Chemie einige Verbesserungen erhalten. Einige ältere Figurenstöcke, z. B. die Chlordarstellung mit dem Miniaturkolben und ohne Gaswaschflasche (S. 28) sowie die Gewinnung von Wasserstoffgas durch aufsteigendes Natrium (S. 10), die auch im „Probierglase" gefährlich werden kann, haben es wohl verdient, auf den Aussterbeetat gesetzt zu werden. Im übrigen sind die Vorzüge des Buches hier wiederholt anerkannt worden. *O.*

Anleitung zur chemischen Analyse nebst einem Anhange: Quantitative Übungen. Für den Ge-

brauch an höheren Lehranstalten. Von Fr. Rüdorff. 13. verbesserte Auflage von Prof. Dr. A. Krause. Berlin, H. W. Müller, 1913. 63 S. M 0,80.

Das hier bereits angezeigte Büchlein wird denjenigen, die in den chemischen Schülerübungen hauptsächlich Analyse treiben wollen, gute Dienste leisten, aber auch denjenigen nützen, die diese Übungen in engeren Zusammenhang mit dem Hauptlehrgange setzen möchten. Denn auch in diesem Falle werden gewisse analytische Übungen immer einen wertvollen Bestandteil des praktischen Arbeitens bilden. Auf die Programmabhandlung von G. Thürling (Progr. Nr. 64, 1904, vgl. diese Zeitschr. *XVII, 367*), die in willkommener Weise die hier angegebenen Reaktionen erläutert und in Gleichungen faßt, sei hierdurch von neuem hingewiesen. *O.*

Chemisches Experimentierbuch, 1. Teil. Von Prof. Dr. K. Scheid. Für mittlere Schüler. 3. Aufl. Mit 77 Abb. Dr. Bastian Schmids Naturwissenschaftliche Schülerbibliothek Bd. 14, Leipzig und Berlin, B. G. Teubner, 1912. 198 S. Geb. M 3

Das Buch wurde bereits früher in dieser Zeitschrift (*XVIII, 315*) angezeigt. Die damals angemerkten Mängel und Bedenken bezüglich der Unfallmöglichkeiten sind jetzt zumeist ganz beseitigt und zerstreut, so daß das Buch auch in dem neuen Gewande zum Gebrauch für strebsame Schüler aufs beste empfohlen werden kann. *O.*

Mitteilungen aus Werkstätten.

Zwei Apparate für Fallversuche.

Von G. Lorenz in Chemnitz.

1. Die Fallrinne besteht aus zwei je 2 m langen, in cm geteilten Holzschienen, die durch Scharnier miteinander verbunden entweder als gerade Bahn von 4 m Länge oder als gebrochene Bahn benutzt werden können. Zur Erlangung möglichst genauer Resultate ist die eine Rinne mit Spiegelglas belegt und auf diesem sind zwei dünne Drähte als Kugelführung parallel gespannt. Die zweite Rinne hat eine polierte Holzbahn, die jedoch mit Billardtuch bezogen und mit gleichen Führungsdrähten versehen werden kann.

Benutzt man die Vorrichtung als 4 m lange gerade Rinne, so verwendet man die polierte Bahn und hört an dem eingesetzten Fangstück das Anschlagen der Kugel.

Um nachzuweisen, daß die in dem fallenden Körper aufgesammelte Energie der Dichte des Körpers entspricht, stellt man die mit Tuch bezogene Bahn horizontal und gibt der glasbelegten so viel Steigung, als die Messingkugel braucht, um gerade die 2 m auf dem Tuche zu durchlaufen. Eine gleichgroße Eisenkugel läuft dann nur 190, eine von Aluminium 160 und eine Holzkugel etwa 30 cm weit auf der Bahn. Die Kugeln sind genau rund und von 30 mm Durchmesser. Zur Höhenstellung der Glasbahn ist ein Gestell mit Schraubspindel von 1 mm Steigung vorgesehen und zum Ablesen der Höhe ein Vertikalmaßstab mit Schieber beigegeben. Zur Einstellung hat die zweite Bahn ebenfalls Stellschrauben.

2. Fallapparat, um die große Elastizität harter Stahlkugeln vorzuführen. Ein kräftiger, mit Stellschrauben versehener Dreifuß trägt in der Mitte einen sehr harten Stahlblock. Die obere polierte Fläche des Blocks ist nach der Wasserwage horizontal zu stellen und dann das über 1 m lange Glasrohr mit Hilfe des Senklotes gut senkrecht darüber an dem Halter zu befestigen. Die durch einen Trichter zentrisch herunterfallende Stahlkugel wird nahezu um acht Zehntel der Fallhöhe zurückspringen und 40 bis 50mal, je nach Beschaffenheit des Stahlblockes, emporhüpfen.

Diese Vorrichtung kann auch zur Härteprüfung von Stahlkörpern dienen, beziehentlich zur Feststellung, wie tief die Härtung eingedrungen ist. In ungenügend hartem Stahl entstehen Beulen, bei einer dünnen harten Stahlschicht springt die Kugel 6 bis 9 Sekunden lang, während bei dicker Schicht das Hüpfen bis 18 Sekunden andauert. Beigegeben werden zwei verschieden harte Stahlblöcke, 1 Senklot, 1 Trichter und Stahlkugeln verschiedener Größe.

Universal-Kleinmotoren für Laboratoriumszwecke.

Von Bruno Thieme in Berlin SW., Yorkstr. 75.

Die von verschiedenen Seiten zur Regulierung von Kleinmotoren gemachten Vorschläge ließen sich aus technischen Gründen zumeist nicht praktisch durchführen, obgleich ein großes Bedürfnis nach solchen Motoren vorlag. Im eigenen praktischen Betriebe

wurde daher der nachstehend beschriebene Motor konstruiert.

Als oberster Grundsatz wurde die Bedingung der feinsten, stufenlosen Regulierung bis zur Tourenzahl Null hinunter aufgestellt. Für die Laboratoriumszwecke kommen durchweg Motoren von $^1/_{16}$ PS in Frage, die an 110 oder 220 Volt Gleichstrom angeschlossen werden. Bei Wechselstromnetzen ist die Regulierfähigkeit die gleiche, doch kann kein Vor- und Rücklauf eingebaut werden; Wechselstrommotoren sind auch ca. 10 Proz. teurer als Gleichstrommotoren. Die Gleichstrommotoren werden durch einen Feinregulator von mehreren tausend Ohm Widerstand im Hauptstrom geschwächt. Die Abmessungen dieses Regulierwiderstandes konnten auf $11 \times 11 \times 12$ cm reduziert werden. Die Regulierung ist so fein, daß ein an die Klemmen des Motors angelegtes Voltmeter bei der Regulierung keine Sprünge anzeigt, wenn die halben Volt abgelesen werden können. Laufen die Motoren mit der normalen Last, so hört bei vollständiger Einschaltung des Regulierwiderstandes jede Rotation auf; beim Leerlauf (z. B. mit einem Ventilatorflügel) rotiert die Achse ganz langsam mit ca. 10—20 Umdrehungen in der Minute. Bei der Spannung von 220 Volt verbraucht der Motor normal 0,25 Ampere, wobei der Nutzeffekt etwa 60 Proz. beträgt, was für Kleinmotoren als hoch anzusehen ist. Wird die Belastung über $^1/_{16}$ PS hinaus gesteigert, so sinkt der Nutzeffekt etwas. Der Regulierwiderstand verträgt einige Minuten lang gut die hohe Stromstärke von ca. 1 Ampere bei völligem Abbremsen des Motors, so daß ein Durchbrennen so gut wie ausgeschlossen ist.

Der Regulierwiderstand ist auf einem Brett montiert, das eine Fassung trägt, um den Regulierwiderstand bequem an der Wand aufhängen zu können. Auf dem Brett befindet sich ferner ein Drehschalter zum Schalten auf Vor- und Rücklauf sowie ein Drehschalter zum Ein- und Ausschalten des Gesamtstromes. Zwischen beiden Schaltern befindet sich eine Anschlußdose, durch welche mittels eines etwa 2 m langen Kabels der Anschluß an die Starkstromleitung stattfindet.

Mit diesem Schaltbrett, das auch auf den Boden oder Tisch aufgesetzt werden kann, ist der Motor selbst durch ein 2 m langes Kabel fest verbunden. Auf der Abbildung ist nur dieses Kabel, nicht aber die vorerwähnten Schalter zu sehen. Das Kabel enthält die nötigen Leitungen für die verschiedenen Regulier- und Schaltvorgänge Dem Motor werden ein Schnurrad von 40 mm. Durchmesser und ein Ventilatorflügel beigegeben.

Um nun eine Einspannvorrichtung anzubringen, wie sie in Laboratorien so häufig gebraucht wird, trägt das freie Achsenende ein Bohrfutter. Damit können erstens mit Hilfe der beigegebenen Bohrer Löcher bis zu 5 mm Stärke in wenigen Sekunden in dicke Metallplatten gebohrt werden, dann können zweitens aber auch Scheiben oder Stäbe eingespannt werden, die zum Rotieren gebracht werden sollen. Auch zum Verseilen von mehreren Drähten eignet sich die Vorrichtung. Der Ventilatorflügel dient zum Erzeugen von sehr starkem Wind, z. B. beim Trocknen von photographischen Platten. Die Tourenregulierung ermöglicht es, alle erwünschten Windstärken bis zu Null zu erzeugen. Beim Bohren werden Schnurrad und Ventilatorflügel von der Achse entfernt; der mit voller Kraft laufende Ventilator würde sonst die Hand vom Körper trennen können. Beim Bohren werden die Metallteile der zu bearbeitenden Platte mit Petroleum beträufelt, um eine Erhitzung des Bohrers zu vermeiden. Der Motor wird beim Bohren an seinen beiden Standfüßen gefaßt und mit dem Bohrer senkrecht auf die zu bohrende Stelle aufgesetzt. In Holz von ca. 4 cm Stärke braucht der Bohrer ohne jede Kraftanstrengung gewissermaßen nur eingetaucht zu werden, um sofort die Löcher zu erzeugen. Die Kraft des Motors reicht selbst zum Betriebe von Drehbänken und anderen größeren Maschinen aus [1]). Der Motor ersetzt daher in vielen Fällen für gelegentliche Reparaturarbeiten eine Drehbank und ist außerdem noch für zahlreiche Versuche zu verwenden.

[1]) Der Preis des Motors inkl. aller Reguliervorrichtungen und Nebenteile beträgt 162,— M.

Himmelserscheinungen im August und September 1913.

☿ Merkur, ♀ Venus, ☉ Sonne, ♂ Mars, ♃ Jupiter, ♄ Saturn, ☾ Mond, 0^h = Mitternacht.

		August						September					
		5	10	15	20	25	30	4	9	14	19	24	29
☿	AR	$8^h 47^m$	8.36	8.33	8.43	9. 5	9.35	10.11	10.47	11.23	11.56	12.28	12.58
	D	+13°	+15	+16	+17	+17	+15	+13	+10	+6	+2	−2	−6
♀	AR	$5^h 58^m$	6.21	6.46	7.10	7.34	7.59	8.23	8.48	9.12	9.36	9.59	10.23
	D	+21°	+21	+21	+21	+21	+20	+19	+18	+16	+15	+13	+11
☉	AR	$9^h 0^m$	9.19	9.38	9.56	10.15	10.33	10.51	11. 9	11.27	11.45	12. 3	12.21
	D	+17,1°	+15,7	+14,2	+12.6	+10,9	+9, 1	+7, 3	+5, 4	+3, 5	+1, 6	−0, 3	−2, 3
♂	AR	$4^h 12^m$	4.25	4.39	4.53	5. 6	5.19	5.32	5.45	5.57	6. 9	6.21	6.32
	D	+20°	+21	+22	+22	+22	+23	+23	+23	+23	+23	+24	+24
♃	AR	$18^h 41^m$		18 38		18.36		18.35		18.36		18.38	
	D	−23°		−23		−23		−23		−23		−23	
♄	AR	$4^h 58^m$						5. 6					
	D	+21°						+21					
☉	Aufg.	$4^h 27^m$	4.35	4.43	4.51	5. 0	5. 8	5.16	5.25	5.33	5.41	5.50	5 58
	Unterg.	$19^h 44^m$	19.35	19.25	19.14	19. 3	18.52	18.41	18.29	18.17	18. 5	17.54	17.42
☾	Aufg.	$8^h 16^m$	15.38	19.26	20.16	21.40	2.29	10.21	16.39	18. 9	18.57	22.28	4.37
	Unterg.	$20^h 57^m$	22.23	2.24	8.33	14.51	18.36	19.40	22.57	4. 0	10. 1	15.42	17.21
Sternzeit im mittl. Mittg.		$8^h 53^m 34^s$	9.13.17	9.33. 0	9.52.43	10.12.26	10.32. 8	10.51.51	11.11.34	11.31.17	11.51. 0	12.10.42	12.30.25
Zeitgl.		$+5^m 53^s$	+5.17	+4.27	+3.23	+2. 7	+0.41	−0.52	−2.33	−4.18	−6. 4	−7.49	−9.31

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.

Herbstanfang am 23. September $16^h 53^m$ M.E.Z.

Mondphasen in M.E.Z.	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
	Aug. 2, $13^h 58^m$	Aug. 9, $5^h 3^m$	Aug. 16, $21^h 27^m$	Aug. 25, $1^h 18^m$
	Aug. 31, $21^h 38^m$	Sept. 7, $14^h 6^m$	Sept. 15, $13^h 46^m$	Sept. 23, $13^h 30^m$
	Sept. 30, $5^h 57^m$			

Planetensichtbarkeit	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn
im August	in der zweiten Monatshälfte morgens 1/4 bis 1/2 Stunde lang sichtbar	etwa 3 Stunden lang als Morgenstern sichtbar	morgens 3 1/4 bis 5 1/4 Stunden lang sichtbar	abends zuletzt noch 4 Stunden lang sichtbar	morgens 2 1/2 bis 5 1/2 Stunden lang sichtbar
im September	wird in den ersten Tagen des Monats wieder unsichtbar	wie im August, am 25., nahe bei Regulus	die Sichtbarkeitsdauer wächst bis auf 7 1/4 Stunden	die Sichtbarkeitsdauer nimmt ab bis auf 3 1/4 Stunden	die Sichtbarkeitsdauer wächst bis auf 8 1/2 Stunden

Verfinsterungen der Jupitertrabanten:

Aug. 1, $23^h 26{,}9^m$ M.E.Z. Austritt des I. Trab.				Sept. 5, $21^h 39{,}2^m$ M.E.Z. Austritt des III. Trab.		
- 7, 0 0,9	-	-	- II. -	- 9, 21 58,8	- -	- I. -
- 17, 21 45,2	-	-	- I. -	- 12, 22 25,8	- Eintritt	- III. -
- 24, 23 40,1	-	-	- I. -	- 18, 21 17,8	- Austritt	- IV. -
- 31, 21 12,1	-	-	- II. -	- 25, 18 26,2	- -	- II. -
Sept. 2, 20 3,8	-	-	- I. -	- 25, 20 17,7	- -	- I. -

Eine unbedeutende, in Deutschland unsichtbare, partielle Sonnenfinsternis ereignet sich am Abend des 31. August. Sie ist nur in Labrador und Grönland sichtbar. Auch am Morgen des 30. September ereignet sich eine für Deutschland unsichtbare, partielle Sonnenfinsternis, die jedoch nur in Südostafrika, Madagaskar und von da südöstlich bis zur Antarktis wahrnehmbar ist.

Eine in Deutschland gleichfalls unsichtbare, totale Mondfinsternis findet um die Mittagsstunde des 15. September statt.

Verlag von Julius Springer in Berlin W. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XXVI. Jahrgang. **Fünftes Heft.** September 1913.

Apparat zur induktiven Herleitung des elektromagnetischen Grundgesetzes.

Von
Prof. Dr. **Friedrich C. G. Müller** zu Brandenburg a. d. H.

Vor einigen Jahren ist BAHRDT damit vorangegangen (Sonderheft II, 4), das Laplacesche Grundgesetz der Wechselwirkung zwischen Stromelement und magnetischem Teilchen unmittelbar aus dem Experiment zu erschließen. Sein Stromelement ist allerdings noch 9 cm lang, das magnetische Teilchen wird dargestellt durch das Polende einer Stricknadelpolwage, und der Abstand beider beträgt nur 15 cm. Es liegt auf der Hand, daß wegen dieser ungünstigen Längenverhältnisse so große Korrektionen nötig werden, daß von einer unmittelbaren Bestätigung, geschweige denn von einer induktiven Herleitung des Gesetzes wohl nicht die Rede sein kann. Außerdem zeigt der Apparat alle Schwächen der Polwagemagnetometrie und ist seiner Natur nach nur für Schülerübungen, nicht zum Gebrauch vor der Klasse geeignet. Immerhin hat er den Fachmann davon überzeugen können, daß es möglich ist, das gestellte Ziel mit besseren Hilfsmitteln zu erreichen. So ist auch die Durcharbeitung der nachfolgenden Methode durch die Mitteilung BAHRDTS angeregt worden. Für mich lag nichts näher als die Verwendung der Lichtzeigernadel, dieses ungleich feineren und dabei für Demonstrationen besonders geeigneten Hilfsmittels der Galvanometrie. Die von mir in dieser Zeitschr. *XXII, 1* beschriebene Galvanometerbank mit Lichtzeigernadel konnte ohne weiteres dem neuen Zwecke dienstbar gemacht werden. Sie erhielt als neues Zubehör ein nur 2 cm breites, aber 100 cm langes Leiterrechteck, das, der Länge nach drehbar, horizontal über der Bankmitte gelagert ist, so daß seine eine, das Stromelement darstellende Schmalseite senkrecht über der Lichtzeigernadel verbleibt. Dieses Leiterrechteck besteht aus 10 Windungen eines übersponnenen Kupferdrahtes von 0,7 mm Durchmesser. Als Träger der Wicklung dient eine Holzleiste von 1,9 cm Breite und 1,5 cm Dicke. Sie ist an den Stirnenden nach der Mittellinie 9 mm breit und 1 mm tief ausgekehlt, und kommen die 10 Drähte in dieser Vertiefung dicht nebeneinander zu liegen. An den Langseiten liegen die Drähte ohne weiteres auf der Leiste, werden aber durch herumgelegte Schnürbänder in richtiger Lage gehalten. Beim Aufbringen der Wicklung muß die Leiste mittels Holzschrauben auf einem passenden Klotz oder Bock festgelegt und der Draht von einer mit Handhaben versehenen Rolle entnommen werden. Dabei ist zu beachten, daß die 10 Drähte an der vorderen, wirksamen Schmalseite gut parallel liegen, und daß die Knicke möglichst scharf werden. Die Drahtendigungen an der hinteren Schmalseite dreht man mit einer Zwischenlage von Isolierband zusammen und verlötet sie mit einer 2 m langen Doppelleitung aus Haustelegraphendraht.

Die weitere Ausrüstung des Leiterrechtecks mit Zapfen und Teilkreis wird aus Fig. 1 ersichtlich. Beide Zapfen sind in 12 mm breite Schuhe *B* aus starkem Messingblech gelötet. Der vordere Zapfen *C* besteht aus einem Stück 3 mm dicken Messingdrahts, der hintere *D* aus einem Messingröhrchen von 6 mm Weite; durch letztere wird der Doppeldraht der Zuleitung gezogen.

Auf das Hinterende des Leiterrechtecks wird zur Befestigung des Teilkreises ein Holzring *F* gepaßt. Der Kreis *E* besteht aus starkem Karton von 20 cm Durchmesser und wird mittels Reißzwecken in der richtigen Stellung mit dem Ring verbunden. Die der ganzen Klasse sichtbare Teilung am Rande geht von 10 zu 10 Graden. Die in der Ebene des Leiterrechtecks liegende Nullinie ist kräftig durchgezogen, ebenso die 90°, 60°, 45°, 30° entsprechenden Teilstriche. Eine Bezifferung ist unnötig. Dagegen werden die 4 Quadranten durch Färbung gekennzeichnet; es liegen gegenüber Blau und Rot, Weiß und Grün.

Die nach Photographie hergestellte Fig. 2 der Galvanometerbank mit dem Leiterrechteck dürfte im Verein mit der eingangs zitierten Abhandlung *XXII, 1* jedem Leser eine richtige Vorstellung des Instrumentariums verschaffen.

Die Stellung der Scheibe wird durch einen Vertikalstrich nach der Mittellinie des hinteren Lagerständers bestimmt. Auch für den Lehrer ist auf der Rückseite der Kartonscheibe eine der vorderen genau entsprechende Teilung mit feineren Strichen vorgesehen, auf welche ein Index am Kopfe des Ständers eingestellt wird. Der Lehrer bewirkt hinten die scharfe Einstellung, während die Klasse dies von vorn überwacht.

Fig. 1.

Für die Lagerung des beschriebenen Leiterrechtecks bedarf es zweier Ständer, von denen der hintere, soeben erwähnte in eine Schwalbenschwanzführung von oben her eingesetzt wird, während der vordere mit seinem Fuße in den für die magnetometrische Meßleiste bestimmten Schlitz geschoben werden kann. Beide erhalten in Höhen von 10, 15, 20, 25 cm über der Nadelmitte Bohrungen für die Drehzapfen des Leiterrechtecks. Zu den Zapfenlöchern führen seitliche Einschnitte schräg von oben, um das Einlegen und Herausnehmen des Leiters schnellstens ohne Ausrückung des Vorderständers bewerkstelligen zu können. Man schiebt den Vorderständer mit gelinder Pressung an, damit hinreichend Reibung entsteht, um das Leiterrechteck in jeder Stellung festzuhalten. Um ein Anstoßen der Heftzwecken an den Hinterständer zu verhüten, ist noch eine lose Kartonscheibe *G* auf den Zapfen *D* geschoben. (Fig. 1.)

Außer dem beschriebenen Leiterrechteck von 2 cm Breite bedarf es noch eines zweiten von doppelter Breite, um zu zeigen, daß die Wirkung der Länge des Stromelements direkt proportional ist. Dasselbe bleibt indessen ohne Teilkreiseinrichtung.

Zur Betätigung des Apparats wird das Leiterrechteck zugleich mit einem Rheostaten und Strommesser in den Kreis einer 6-zelligen, mit Walzenpachytropen versehenen Bleisammlerbatterie geschaltet. Die normale Stromstärke von etwa 1,7 Ampere ergibt sich bei der 4 Voltschaltung, da der Widerstand des Rechtecks ungefähr 2,3 Ohm beträgt. Nach 1 Minute wird der Strom hinreichend konstant.

Bei der ersten Ingangsetzung und Prüfung muß die Stellung des Leiterrechtecks, bei der eine Ablenkung der Nadel nicht eintritt, ausfindig gemacht werden. Bei dieser soll am Teilkreise genau Null angezeigt werden. Falls dies nicht zutrifft, muß die Kartonscheibe um den Betrag der Abweichung nach rechts oder links verstellt werden.

Vor der Klasse kommt der Apparat selbstverständlich erst zur Verwendung, nachdem die eigenartige Wechselwirkung zwischen Strom und Magnetpol durch die üblichen Experimente festgestellt und die Amperesche Schwimmregel gehörig eingeübt worden. Auch die Einrichtung der Magnetometerbank mit der Lichtzeigernadel ist schon bekannt. Somit sind die Schüler mit der Wirkungsweise unseres Apparats so weit vertraut, um einzusehen, daß nur das kurze Stromstück über der Nadel ablenkend wirkt, die beiden Langseiten aber nicht. Nun sehen sie zunächst, wie dieses Stromstück je nach dem Stellungswinkel ganz verschiedene Ausschläge hervorruft, daß bei vertikaler Stellung des Stromes die Lichtmarke auf Null bleibt, beim Herausgehen aus dieser Stellung erst schnell, dann langsamer im Sinne der Ampereschen Regel vorrückt und bei 90° die äußerste Stellung einnimmt.

Es muß sich nun sofort der Trieb regen, den gesetzmäßigen Zusammenhang zwischen Stellungswinkel und Nadelausschlag zu erforschen. Bevor wir aber dieser

Fig. 2.

Untersuchung näher treten, bleibt zu überlegen, ob bei schiefen Winkeln nicht auch die langen Seiten des Leiterrechtecks die Größe der Nadelablenkung beeinflussen können, obwohl das von ihnen erzeugte magnetische Feld in die Richtung des Erdfeldes fällt. Es ist einleuchtend, daß jede von ihnen die Richtkraft der Erde, je nachdem, verstärken oder vermindern muß. Ein einfacher Versuch kann das bestätigen. Wird ein Strom in westöstlicher Richtung über eine Kompaßnadel hinweggeführt, so macht sie angestoßen schnellere Schwingungen als unter dem Einfluß der Erde allein. Umgekehrt bewirkt ein ostwestlicher Strom Verlangsamung und bei einiger Stärke Umschlagen. Nebenbei bemerkt wird man diese wichtige Ergänzung des Örstedschen Grundversuchs in Schul- und Lehrbüchern meist vergeblich suchen. Auf unsern Fall angewendet, wird also der Strom in der oberen Seite des schrägstehenden Leiterrechtecks je nach seiner Richtung die erdmagnetische Richtkraft entweder verstärken oder abschwächen; die untere Seite wirkt im entgegengesetzten Sinne; da sie aber der Nadel näher liegt, überwiegt ihr Einfluß. Somit bleibt also ein Überschuß zugunsten des jedesmal untenliegenden Stroms. Der beobachtete Ausschlag muß also entweder größer oder kleiner ausfallen als bei alleiniger Anwesenheit des vorderen Stromelements. In der Tat ergeben sich bei Kommutierung des Stroms erhebliche Unterschiede der Nadelausschläge. Um also den wahren Wert der vom vorderen Stromelement ausgehenden Kraft zu erhalten, muß man solche Doppelbeobachtungen ausführen und das Mittel nehmen. Die jedesmalige Stromumkehr geschieht ohne weiteres durch

Drehung des Leiterrechtecks um 180°, d. h. von einem Teilstrich im weißen Quadranten auf den gleichen im Grün, oder von Blau zu Rot. Nebenbei wird durch solche Doppelbeobachtungen auch der Fehler eliminiert, welcher daraus entspringen kann, daß der vordere Strom nicht genau senkrecht zur Längsachse liegt. Trotz der Doppelbeobachtung erfordert die Ermittlung und Niederschrift von 4 Werten kaum 2 Minuten. Mehr als 4 sind aber auch nicht nötig, um daraus das Sinusgesetz zu erkennen. Man hat sich nur an die natürlichen Hauptwinkel 90°, 60°, 45°, 30° zu halten. Die Tatsache, daß der Ausschlag nicht bei 45°, sondern bei 30° auf die Hälfte des von 90° hinabgeht, deutet sofort auf die Sinusfunktion. Um volle Gewißheit zu erlangen, dividiert man die beiden anderen Ausschläge durch sin 60 und sin 45° und erhält Quotienten, die ebenfalls dem Wert des Ausschlags bei 90° gleich sind. Eine Stichprobe mit irgendeinem beliebigen Winkel ergibt schließlich genau den nach dem gefundenen Gesetze vorauszusagenden Ausschlag.

Da bei der oben angegebenen Stromstärke und einem Abstande von 20 cm der natürliche Höchstausschlag nur etwa 10 Skalenteile beträgt, wird zur Verringerung der Fehlergrenze die Empfindlichkeit mittels des in dem Bilde sichtbaren, auf einem Schlitten befestigten Richtmagneten zweckmäßig auf das Doppelte gebracht.

Die folgende Tabelle enthält die bei der letzten Vorführung in dieser Weise gewonnenen Ablesungen.

	Rot	Blau	Mittel	: sin φ	Weiß	Grün	Mittel	: sin φ
30°	11,6	9,4	10,50	21,0	11,2	9,9	10,55	21,1
45°	16,1	13,8	14,95	21,2	15,9	14,2	15,05	21,2
60°	19,0	17,1	18,05	20,8	19,0	17,2	18,10	20,9
90°	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,00	21,0

Diese Zahlen zeigen, daß der beschriebene Apparat und das eingeschlagene Verfahren die Möglichkeit geben, das Laplacesche Sinusgesetz allen Schülern sichtbar induktiv aufzufinden, mit einer Genauigkeit, die selbst hochgespannten Anforderungen genügen wird. Und dabei sind alle diese 16 Einstellungen und Ablesungen binnen $3^1/_2$ Minuten ausgeführt worden.

Ebenso einfach und schnell gestaltet sich die induktive Auffindung der übrigen im Laplaceschen Grundgesetz enthaltenen Beziehungen. Nach Entfernung des Richtmagneten bewirkt unser Stromelement von 2 cm Länge im Abstande von 20 cm bei normaler Stromstärke (1,78 A) eine Ablenkung von 10,9 Skalenteilen für $\varphi = 90°$. Legte man dann das Leiterrechteck in das Lager von halber Höhe, so ging die Lichtmarke auf 44,6. Bei halber Stromstärke erfolgte in 20 cm Abstand der Ausschlag 5,6. Danach ist die ablenkende Kraft direkt proportional der Stromstärke und indirekt proportional dem Quadrat des Abstandes. Einige Stichproben in 15 oder 25 cm Abstand mit gleicher oder veränderter Stromstärke bringen volle Bestätigung. Dies gilt nicht nur für die rechtwinklige Lage, sondern auch für irgendeinen bestimmten schiefen Winkel.

Endlich ersetzen wir dieses Leiterrechteck von 2 cm Breite durch das erwähnte von 4 cm Breite und beobachten bei gleicher Stromstärke und 20 *cm* Abstand einen Ausschlag von 22,6.

Die Gesamtheit vorstehender Versuche führt zur Aufstellung des Satzes, daß die von einem Stromelement in einem Punkt hervorgerufene magnetische Feldstärke ausgedrückt wird durch die Formel $F = c\,\frac{J\,l \sin\varphi}{r^2}$. Der Faktor c wird 1, wenn F und J in absoluten Einheiten des elektromagnetischen Systems ausgedrückt werden; wenn J in Ampere gegeben, ist $c = 0,1$.

Selbstverständlich wird ein magnetisches Teilchen von der Stärke μ in dem betreffenden Punkt mit einer Kraft $k = \mu \frac{J\, l \sin\varphi}{r^2}$ angetrieben. Bekanntlich wird das Laplacesche Grundgesetz allgemein mit dieser Formel zum Ausdruck gebracht. Es liegt aber auf der Hand, daß der Faktor μ eine fremde, willkürliche Größe ist, welche dem Stromfelde und deren Gesetze gar nicht angehört. Indessen läßt sich auch zeigen, daß ein doppelt so großes μ in dem nämlichen Stromfelde auch mit doppelter Kraft angetrieben wird. Man braucht nur bei sonst gleichen Verhältnissen eine andere Nadel mit anderer Polstärke einzustellen und zu zeigen, daß sie die nämliche Ablenkung erfährt. Ich verfüge über 3 vollständige Luftzeigernadeln der in dieser Zeitschr. *XXII*, 1 beschriebenen Konstruktion, von denen zwei 8 mm Länge, aber verschiedene Breite haben, während die dritte 10 mm lang und ebenso breit ist. Alle geben bei galvanometrischen wie bei magnetometrischen Untersuchungen an derselben Stelle des Erdfeldes die gleichen Ausschläge.

Den Beschluß macht noch die Feststellung, daß unsere Ziffern auch absolut genommen richtig sind. Setzen wir in die Gleichung

$$\mu H \operatorname{tg} \alpha = \frac{\mu J l \sin\varphi}{r^2}$$

gemäß dem vorhin mitgeteilten Befund $\sin\varphi = 1$, $l = 2$, $r = 20$, $\operatorname{tg}\alpha = 10{,}9/200 = 0{,}0545$, außerdem $H = 0{,}167$, welcher Wert sich aus oft wiederholten Bestimmungen für den Nadelort ergeben hat[1]), so berechnet sich $J = 1{,}81$. In jeder der 10 Windungen fließt also der Strom 1,81 Amp. Wie angegeben, war die wirklich gemessene Stromstärke 1,78. Die Übereinstimmung ist in Anbetracht des Umstandes, daß es praktisch unmöglich ist, die Schmalseite des Leiterrechtecks auf Haaresbreite genau auf die Länge von 2 cm zu bringen, als eine befriedigende zu bezeichnen. —

Die mitgeteilten Beobachtungen lieferten im Verein mit hundert andern den Beweis, daß unser Apparat Werte ergibt, die ohne Korrektion gut in die Laplacesche Formel passen und somit deren induktive Auffindung ermöglichen. Gleichwohl kann, hier wie bei allen magnetometrischen und galvanometrischen Messungen, nur eine angenäherte Genauigkeit erreicht werden. Auch die Schüler müssen darauf hingewiesen werden. Es sind aber die Abmessungen so zu wählen, daß der Fehler unter 1 % bleibt.

Fig. 3.

Erstens muß das Leiterrechteck im Vergleich zum Abstande lang genug sein, um die Wirkung des hinteren Stromelements vernachlässigen zu können. In Fig. 3 sei A das im Abstande r wagerecht über der Nadel μ liegende Stromelement, B das im Abstand a befindliche andere Stromelement. Dann ist für A $k_{\mathrm{I}} = \frac{J \mu l}{r^2}$, für B $k_{\mathrm{II}} = J \mu l \,.\, a/(r^2 + a^2)\sqrt{r^2 + a^2}$. Denkt man sich a als Vielfaches von r und setzt $a = n r$, so wird $k_{\mathrm{II}} = k_{\mathrm{I}}\,(1 + n^2)^{-3/2}$. Bei 100 *cm* Länge ist für

$r =$	20	15	10
$n =$	5	6,66	10
$(1 + n^2)^{-3/2} =$	0,007	0,0033	0,0010

[1]) Seit Ostern 1910 befinden sich unsere physikalischen und chemischen Lehr-, Sammlungs- und Arbeitsräume im Erdgeschoß eines neuen Anbaus. Dieser ruht auf langen Pfählen von Eisenbeton. Auch Wände und Decken bestehen zum Teil aus Eisenbeton. Deshalb sind die erdmagnetischen Verhältnisse innerhalb des Gebäudes ganz unregelmäßig. Die Horizontalintensität schwankt in Tischhöhe von 0,16 bis 0,20. Sie ist rechts auf meinem Experimentiertisch im Nordauditorium, da, wo die Lichtzeigernadel ihren Platz hat, 0,167; am linken Ende, 3 m entfernt von diesem Ort, ist sie 0,178.

Demnach ist das Korrektionsglied annähernd dem Kubus von n umgekehrt proportional und bleibt für $r = 20$ cm noch erheblich unter einem Prozent. —

Die zweite Korrektion wird wegen der nicht unbeträchtlichen Länge des wirksamen Stromstücks erforderlich. Der wahre Wert des Kraftintegrals eines linearen Stroms bei Normallage ist gemäß Fig. 4

$$k = \frac{J\mu}{r} 2 \sin \alpha = \frac{J\mu}{r} l \left[r^2 + \left(\frac{l}{2}\right)^2\right]^{-\frac{1}{2}}.$$

Setzt man $l/2 = n r$, so ergibt sich

$$k = \frac{J\mu l}{r^2} \cdot (1 + n^2)^{-1/2}.$$

Da aber $\frac{J\mu l}{r^2} = k_I$ der aus der Laplaceschen Formel hervorgehende Wert ist, folgt, daß

$$k_I = k\sqrt{1 + n^2}.$$

Für unsern Fall ist $l/2 = 1$, also für

$r =$	20	15	10
$n =$	$1/20$	$1/15$	$1/10$
$\sqrt{1+n^2} =$	1,0012	1,002	1,004

Es bleibt demnach im ungünstigsten Falle, ebenso wie für $l/2 = 2$ und $r = 20$, die Korrektion unter einem halben Prozent.

Nun ist zu bemerken, daß die Kenntnis der absoluten Fehlergröße an sich nur theoretisches Interesse hat. Für den praktischen Unterrichtsbetrieb gilt es zu wissen, ob unser Stromelement von 2 cm Länge in 10 cm Abstand auch mit hinreichender Genauigkeit 4 mal größeren Ausschlag bewirken wird als in doppeltem Abstand.

Fig. 4.

Nach der vorangegangenen Berechnung muß für $r = 20$ die Kraft, welche von der Nadel angezeigt wird, um $7 + 1 = 8$ Promille kleiner sein als der aus der Laplaceschen Formel hervorgehende Wert, also $J\mu \,.\, 0{,}00496$ statt $J\mu \,.\, 0{,}00500$. Für $r = 10$ ist die Abweichung $1 + 4$ Promille, mithin 0,0199 statt 0,0200. Das Verhältnis von 0,0199 zu 0,00496 ist aber 4,03.

Fig. 5.

Zweitens wollen wir wissen, ob der 4 cm-Strom in 20 cm Abstand doppelt so stark ablenken wird wie der 2 cm-Strom. Der wahre Wert der Kraft ist um $7 + 4$ Promille zu niedrig, also $\mu J \,.\, 0{,}00989$ statt $\mu J \,.\, 0{,}01000$. Der Quotient 0,00989/0,00496 ist aber 1,99. Somit steht fest, daß unsere Versuchsanordnung in bezug auf l und r eine gute Bestätigung des Laplaceschen Grundgesetzes gewährleistet.

Weit umständlicher wird die Korrektionsrechnung bezüglich des Sinusgesetzes. Sie darf aber nicht außer acht bleiben, weil man sich von vornherein sagen muß, daß in der Schrägstellung wegen der erheblichen Abstandsunterschiede des oberen und unteren Endes des Stromstücks größere Korrektionen nötig werden als in der Normallage.

Das genaue Kraftintegral ist gemäß Fig. 5

$$k = \frac{J\mu}{\varrho} (\sin \alpha' - \sin \alpha''),$$

während nach der Laplaceschen Formel unter Voraussetzung eines verschwindend kleinen l

$$k_I = \frac{J\mu l}{r^2} \sin \varphi.$$

Der funktionale Zusammenhang der Differenz $k - k_I$ mit φ oder r und l ist offensichtlich überaus verwickelt. Es bleibt nichts weiter übrig, als $k - k_I$ von Fall

zu Fall auszurechnen, was sehr umständlich ist und siebenstellige Logarithmen erfordert. Unser damaliger Seminarkandidat Gebhardt hat sich das Verdienst erworben, die Rechnung für so viele Werte von φ bei $r = 20$ und $l = 2$ durchgeführt zu haben, daß man durch Eintragung von φ und $(k - k_I)$ in ein rechtwinkliges Koordinatensystem den Verlauf der Funktion hinreichend genau ersehen kann. Es ergibt sich eine wellenförmige Kurve, welche ungefähr bei $\varphi = 30^0$ ihren positiven Höchstwert erreicht, bei $\varphi = 63$ Null wird, dann ins Negative übergeht und bei 90^0 zu einem Minimum gelangt, dessen Betrag etwa $^3/_4$ des Maximalbetrags ist.

Vom praktischen Standpunkt aus kommt nun für uns die entscheidende Frage: Wird der für $\varphi = 30^0$ angezeigte Wert mit befriedigender Genauigkeit halb so groß sein wie der bei $\varphi = 90^0$.

Die nachfolgende Tabelle enthält die für uns wichtigen genauen Kraftintegrale linealer Ströme für 90^0 und 30^0 nebst den Quotienten beider

l	r	k_{90}	k_{30}	q
2	20	0,004994	0,002508	1,991
2	10	0,019900	0,010138	1,964
4	20	0,009950	0,005069	1,963
9	15	0,0384	0,0226	1,700

Wenn man also mit den 2 cm Strom im Abstande von 20 cm das Sinusgesetz bestätigt, wird der Ausschlag bei 30^0 nur um $^1/_2$ Prozent zu groß werden. Dagegen gibt ein 4 cm langes Stromstück bereits ein Zuviel von fast 2 Prozent. Das letzte Beispiel entspricht der eingangs erwähnten Versuchsanordnung von Bahrdt.

Ein Apparat zur Bestimmung von g durch den freien Fall.

Von

Dr. **Paul Gehne.**

Der im folgenden beschriebene Fallapparat beruht auf dem gleichen Prinzip, das bereits Herr E. Zerbst[1]) zur Ausführung seiner hübschen Freihandversuche benutzte. Diese Versuche gaben auch den Anstoß zur Konstruktion des Apparates.

Eine Reihe von kleinen Kugeln durchfällt nacheinander einen bestimmten Fallraum, und zwar so, daß jedesmal genau in dem Moment, in dem die eine Kugel am Ende ihrer Fallbahn auf den Boden aufschlägt, die nächste Kugel ausgelöst wird. Man kann so eine beliebige Anzahl von Kugeln nacheinander fallen lassen und mit Hilfe einer Stoppuhr oder auch einer einfachen Taschenuhr die Gesamtfallzeit der Kugeln bestimmen. Um daraus die Fallzeit einer Kugel zu finden, hätte man die gemessene Zeit nur durch die Anzahl der gefallenen Kugel zu dividieren, falls die in diesem Falle elektromagnetisch betätigte Auslösevorrichtung keine Zeit beanspruchte. Da dies natürlich nicht der Fall ist, muß diese Auslösungszeit besonders bestimmt werden. Das kann dadurch geschehen, daß man den Versuch mit zwei verschiedenen Fallhöhen anstellt. Die Auslösungszeit wird in beiden Fällen die gleiche sein und ist eine Konstante des Apparates.

Dadurch, daß an die Stelle der freihändigen Auslösung eine automatisch wirkende Vorrichtung tritt, ist es möglich, Resultate von bemerkenswerter Genauigkeit zu erhalten.

Bezeichnet man die Apparatkonstante mit Δ, so hat man, wenn man die für n_1 Kugeln gefundene Zeit bei einem Fallraum von s_1 mit $n_1 A_1$ bezeichnet und die gesuchte reduzierte Fallzeit für eine Kugel mit t_1,

[1]) E. Zerbst, Diese Zeitschr., S. 151. 1913.

1. $$n_1 \,.\, A_1 = n_1 t_1 + n_1 \varDelta$$

oder

$$A_1 = t_1 + \varDelta$$

ebenso für die Fallhöhe s_2, wenn die Zeit für n_2 Kugeln $n_2 A_2$ ist

2. $$A_2 = t_2 + \varDelta .$$

Da sich die Fallräume wie die Quadrate der Fallzeiten verhalten, ist ferner $t_2 = t_1 \sqrt{\frac{s_2}{s_1}}$; setzt man dies in Gl. 2 ein, so folgt: $A_2 = t_1 \sqrt{\frac{s_2}{s_1}}$, und durch Subtraktion dieser Gleichung von Gl. 1 folgt

3. $$t_1 = \frac{A_1 - A_2}{1 - \sqrt{\frac{s_2}{s_1}}},$$

ganz ähnlich erhält man

4. $$t_2 = \frac{A_1 - A_2}{\sqrt{\frac{s_1}{s_2}} - 1}.$$

Aus den so erhaltenen reduzierten Fallzeiten berechnet sich in einfacher Weise der Wert von g.

Ebenso kann man natürlich aus den Gleichungen auch $\varDelta$ bestimmen. Hat man diese Apparatkonstante dann einmal bestimmt, so hat man bei späteren Versuchen die Größe einfach von der unreduzierten Fallzeit A abzuziehen, um die wahre Fallzeit zu erhalten. In dieser Weise ist der Apparat dann außer zur Bestimmung von g auch für die Ableitung der Fallgesetze am freien Fall geeignet.

Praktische Ausführung des Apparates.

Die zu den Versuchen benutzten Kugeln waren Eisenkugeln von 13 mm Durchmesser, die zufällig zur Verfügung standen. Es lassen sich natürlich auch beliebige andere Kugeln (Marmeln) benutzen, nur ist zu beachten, daß sie möglichst gleiche Größe haben (Aussondern durch Siebe) und keine allzugroßen Abweichungen von der Kugelgestalt aufweisen. (Exakte Kugelgestalt ist aber durchaus nicht erforderlich.) Nach dem Durchmesser der Kugeln müssen sich die Dimensionen der eigentlichen Auslösevorrichtung richten. Diese hat gewisse Ähnlichkeit mit dem Echappement einer Uhr und wird durch Fig. 1 veranschaulicht (ungefähr $^2/_3$ nat. Gr.).

Fig. 1.

Ein 10 bis 12 cm langes Messingrohr R von quadratischem Querschnitt, der so bemessen sein muß, daß die zu benutzenden Kugeln glatt hindurchfallen, ohne übermäßig großen freien Spielraum zu haben, trägt an seinem unteren Ende zwei Lappen L. An diesen Lappen sind ein Paar messingene Doppelklauen Kl drehbar befestigt. In der Rückwand dieser Klauen ist eine Öse O eingenietet. In diese Ösen greifen spiralige Zugfedern F ein, deren andere Enden an einer auf dem Rohr R verschiebbaren und durch eine Schraube festzuklemmenden Schelle Sch_1 befestigt sind. Durch Verstellen dieser Schelle kann man die Feder-

spannung und damit die Kraft regulieren, mit der die Klauen in ihrer oberen Lage festgehalten werden. In die Öse O greifen ferner ein Paar nach unten gerichtete und aus dünnem Stahldraht gebogene Zugstangen Z ein, mittels derer man die Klauen nach unten ziehen kann.

Bringt man nun eine Anzahl Kugeln übereinandergeschichtet in das Rohr R, so bleibt die unterste auf dem oberen Rande der beiden Klauen liegen (Stellung I), (vgl. die schematische Fig. 2), zieht man die Klauen an den Zugstangen Z nach unten, so entfernen sich die oberen Klauenränder voneinander, so daß die unterste Kugel zwischen ihnen hindurchfallen kann (Stellung II). Die Klauen müssen nun so bemessen sein, daß bei der unteren Stellung der Klauen die Kugel jetzt von den unteren Klauenrändern festgehalten wird. Beim Loslassen der Zugstangen werden die Klauen durch Federkraft wieder nach oben gezogen und die Kugel fällt frei nach unten heraus (Stellung III). Beim erneuten Anziehen der Zugstangen tritt eine zweite Kugel zwischen die Klauen und fällt beim Nachlassen des Zuges ebenfalls frei hinab usw. Beim abwechselnden Anziehen und Wiederloslassen der Zugstangen beginnt also jedesmal beim Loslassen eine Kugel frei zu fallen. Dieses Anziehen und Loslassen der Zugstangen wird nun elektromagnetisch besorgt.

Fig. 2.

Fig. 3.

Zu diesem Zweck ist (Fig. 3) auf einem festen Grundbrett ein ziemlich kräftiger Elektromagnet E befestigt. Sein Anker A ist ungefähr in der Mitte eines aus Aluminiumblech (zur Herabsetzung der Trägheit) hergestellten einarmigen, vorn gabelförmig gestalteten Hebels H befestigt. Seine Achse ist im oberen Ende eines aus starkem Messingblech gebogenen Lagerblockes B gelagert. Kleine, auf den Magnetpolen befestigte Messingscheibchen verhindern eine direkte Berührung des Ankers, seine Bewegung nach oben ist durch eine Schraube *Schr* begrenzt. Diese wird von einem Messingstäbchen getragen, das unten in der Verbindungsplatte des Elektromagneten befestigt ist und durch eine Durchbohrung der Ankerplatte hindurchgeht.

Zu beiden Seiten vom freien Ende des Hebels H sind ein paar kräftige vierkantige Holzsäulen S_1 und S_2 auf dem Grundbrett befestigt, die einen hölzernen Querbalken Q tragen. Durch eine vierkantige Durchbohrung in der Mitte dieses Querbalkens geht das in einer Schelle Sch_2 festgeklemmte Fallrohr R hindurch. Die unteren Enden der Zugstangen Z werden in die am Ende des Hebels eingenieteten Häkchen h eingehängt. Durch Verstellen von Sch_1 werden die Zugfedern mäßig straff gespannt, so daß sie den Hebel mit seinem Anker nach oben ziehen. Durch Verschieben des Rohres R nach Lösen von Sch_2 einerseits und durch Regulieren an der Schraube *Schr* andererseits kann man nun die durch den Elektromagneten bewirkte Auf- und Abwärtsbewegung der Klauen Kl so einregulieren, daß das oben beschriebene

Spiel der Kugeln exakt vor sich geht, ohne daß die Klauen sich dabei mehr bewegen, als gerade nötig ist.

Um den Apparat mit einer größeren Anzahl von Kugeln, als in dem Rohre R Platz hat, laden zu können, ist ein Reservoir in Gestalt einer längeren Rinne angebracht, deren eines Ende durch ein Kniestück mit R abnehmbar verbunden ist, und deren anderes Ende auf einer Holzsäule S_3 ruht. Auf diese Weise finden in dem Apparate etwa 40 bis 50 Kugeln gleichzeitig Platz.

Die Enden der Elektromagnetwicklung sind zu 2 Klemmschrauben K geführt. Schließt man an diese unter Zwischenschaltung eines Stromschlüssels eine Stromquelle an, so tritt bei jedem Stromschluß eine Kugel in den Raum zwischen den Klauen, während bei jeder Unterbrechung eine Kugel frei nach unten fällt. Um das Herabfallen der Kugeln zu ermöglichen, hat das Grundbrett senkrecht unter dem Fallrohr R eine Durchbohrung.

Es braucht nun nur noch dafür gesorgt zu werden, daß eine solche Stromunterbrechung und damit das Auslösen einer neuen Kugel gerade in dem Moment eintritt, in dem die vorhergehende Kugel ihren Fall beendigt hat. Dies läßt sich in einfacher Weise dadurch erreichen, daß man die Kugeln auf den Stromschlüssel selbst auffallen läßt, so daß dabei der Stromschlüssel niedergedrückt und dadurch der Strom unterbrochen wird. Der Stromschlüssel hat zu diesem Zweck eine Gestalt bekommen, die Fig. 4 in einer schematischen Seitenansicht zeigt.

Auf einem starken Grundbrett G von ungefähr 15 . 20 cm Größe befinden sich an der Schmalseite ein Paar Achsenlager A, in denen ein zweites, fast ebenso großes leichtes, aber festes Brettchen B drehbar gelagert ist. Es wird durch Federn F nach oben gedrückt und schließt dabei einen regulierbaren Platinkontakt Pt; seine Bewegung nach unten ist durch eine Regulierschraube S begrenzt. Diese Unterbrechervorrichtung wird nun senkrecht einige Meter unter dem Fallapparate aufgestellt, so daß die herabfallenden Kugeln die Mitte des federnden Brettchens B berühren, zur Schalldämpfung ist es mit einer Gummi- oder Linoleumscheibe D belegt. Damit die aufprallenden Kugeln seitlich abspringen und nicht zum zweiten Male das Kontaktbrettchen berühren, ist die ganze Unterbrechervorrichtung durch ein Paar spitze Füße schief und unverrückbar aufgestellt, um ein allzuweites Umherspringen der Kugeln zu vermeiden, am besten in einer größeren Kiste.

Fig. 4.

Nach erfolgter passender Aufstellung von Fallapparat und Unterbrechervorrichtung füllt man das Reservoir mit einer Anzahl von Kugeln, stellt die Stromverbindungen her und bewirkt dann durch einen leichten Schlag auf die Unterbrechervorrichtung oder auch durch einen besonders eingeschalteten federnden Stromschlüssel die erste Unterbrechung. Im Moment des Aufschlagens der dadurch ausgelösten Kugel löst man die Stoppuhr aus und zählt nun, bei der nächsten Kugel mit 1 beginnend, die fallenden Kugeln. Ist eine genügende Anzahl gefallen, so arretiert man beim Auftreffen der $n$ten Kugel die Uhr und liest die Zeit nA ab.

In der umstehenden Tabelle sind die Ergebnisse von 3 Versuchsreihen mitgeteilt, die mit einer der oben beschriebenen ähnlichen provisorischen Vorrichtung erhalten wurden.

Aus den Werten für I und II berechnet sich

$$t_I = 1{,}289_2 \qquad t_{II} = 0{,}907_7.$$

Aus beiden Fallzeiten ergibt sich natürlich derselbe Wert für g, in diesem Falle $g = 978{,}3$ cm. Subtrahiert man t_I oder t_{II} von A_I bzw. A_{II}, so erhält man die Apparat-

konstante $\Delta = 0{,}033_1$ sec. Mit deren Hilfe kann man nun einfach A_{III} reduzieren und erhält $A_{III} - \Delta = t_{III} = 0{,}705_6$ und daraus $g = 978{,}2$ cm. Die vollkommene Übereinstimmung dieses Wertes mit dem davon rechnerisch unabhängigen aus den Reihen I und II gewonnenen legt die Vermutung nahe, daß die bestehende Differenz von etwa — 3 cm gegenüber dem wirklichen Werte von g für Königsberg auf einen Fehler in der Bestimmung der Fallhöhe zurückzuführen ist (vgl. die Fehlerberechnung bei Zerbst a. a. O.), und läßt es fast berechtigt erscheinen, danach die Höhenmessung auf den richtigen Wert zu korrigieren (zur Messung diente ein gewöhnliches Bandmaß). Ich hatte jedoch keine Gelegenheit mehr, die Berechtigung dieser Annahme durch weitere Versuche zu prüfen.

I. Reihe $s = 813$ cm		II. Reihe $s = 403$ cm			III. Reihe $s = 243{,}5$ cm	
Zeit $n \cdot A$ beobacht. in sec.	Anzahl der Kugeln n.	Zeit $n \cdot A$ beobacht. in sec.	Anzahl der Kugeln n.	$\frac{nA}{n}$	Zeit $n \cdot A$ beobacht. in sec.	Anzahl der Kugeln n.
39,8	30	37,8	40	0,941	22,0	30
39,8	30	37,4	40	0,941	22,2	30
39,6	30	32,8	35	0,937	22,2	30
39,8	30	30,0	32	0,938	22,4	30
39,4	30	23,4	25	0,936	22,2	30
39,6	30	33,2	35	0,948	22,0	30
		32,8	35	0,937	22,2	30
		33,0	35	0,943	22,2	30
		14,2	15	0,946	22,0	30
$A_I = 1{,}322_2$		$A_{II} = 0{,}940_8$			$A_{III} = 0{,}738_7$	

Wie man aus der Tabelle ersieht, liegen die Fehler in den einzelnen Zeitbestimmungen innerhalb der mit einer Stoppuhr erreichbaren Meßgenauigkeit. Der Apparat selbst dürfte mit großer Gleichmäßigkeit arbeiten, und es ist anzunehmen, daß man unter Benutzung einer größeren Anzahl von Kugeln schon durch einen Versuch Resultate von fast gleicher Exaktheit wie die obigen erhält. Dadurch ist auch die Möglichkeit gegeben, auch bei geringeren Fallhöhen befriedigende Resultate zu erzielen. Die Versuche lassen sich dann bequem in einem Zimmer anstellen. Das Kugelreservoir läßt sich durch Ansatzrohre beliebig vergrößern. Um das bei großer Kugelanzahl unbequeme Zählen der Kugeln während des Versuches zu umgehen, kann man so verfahren, daß man beim Aufprallen der vorletzten Kugel, die man noch zur Messung heranziehen will, den Unterbrecherkontakt durch einen besonderen Stromschlüssel kurz schließt und dadurch den Apparat außer Tätigkeit setzt. Von der dann zum Schluß in der Auffangkiste vorhandenen Anzahl von Kugeln hat man eine (die zuerst gefallene) in Abzug zu bringen, um n zu erhalten.

Will man den Apparat für Schülerübungen benutzen, so empfiehlt es sich, die Versuche damit in Anschluß an die Zerbstschen Freihandversuche anzustellen. Diese zeigen zunächst in einfachster und übersichtlicher Weise das Prinzip der Messungen, während jene dann ein ganz instruktives Beispiel dafür bilden können, wie sich die Exaktheit einer Methode einmal durch Verlängerung der Beobachtungsdauer, dann durch Ersatz der menschlichen Tätigkeit durch eine exakt und ohne Ermüdung arbeitende automatische Vorrichtung steigern läßt[2]).

[2]) Der Apparat wird von der Firma E. Leybolds Nachf., Köln a. Rh., hergestellt und in den Handel gebracht.

Denk- und Rechenaufgaben zur Himmelskunde.

Von

P. Luckey in Elberfeld.

1. Denke dir vom großen Zeiger einer Uhr so viel abgeschnitten, daß seine Länge nur noch $^1/_5$ $\left(\text{genauer } \frac{1}{5{,}20}\right)$ von derjenigen des kleinen Zeigers beträgt (Fig. 1). Im neuen Endpunkt E des großen Zeigers (Erde) befinde sich ein winziges Lebewesen. Dieses Wesen sehe an seinem Horizont in unendlicher Ferne die Stundenpunkte des Zifferblatts 12, 1, 2, ... 11, die etwa in verschiedenen Farben leuchten mögen (Fixsterne). Ihre Zwischenräume seien mit den Zeichen des Tierkreises benannt: 12 bis 1 = Widder, 1 bis 2 = Stier, 2 bis 3 = Zwillinge, usw. Das Lebewesen sehe ferner den Mittelpunkt des Zifferblatts S als leuchtenden Punkt, als seine Sonne, und wegen der verhältnismäßig ungeheuren Entfernung sehe es ihn „am Himmel", d. h. unter den „Fixsternen". Während die Uhr in gewöhnlicher Weise geht, glaube das Lebewesen wie die meisten Menschen vor Kopernikus, sein Standort E sei unbeweglich.

Fig 1.

Wie scheint sich die „Sonne" zu bewegen? Sie scheint zunächst stillzustehen, der „Sternhimmel" dagegen scheint sich im Verlaufe einer Stunde entgegengesetzt dem Uhrzeigersinn herumzudrehen. Schon der bequemeren Ausdrucksweise zuliebe würden denkende Wesen in E aber bald dazu übergehen, von der Bewegung der Sonne „unter den Fixsternen" zu reden, sie würden sagen, daß die Sonne „im Sinne des Uhrzeigers", d. h. in demselben Sinne, in dem die wahre Bewegung von E stattfindet, die Zeichen des Tierkreises durchläuft. Das „Jahr" dauert demnach eine Stunde. Bezeichne den zuletztgenannten Drehungssinn als rechtläufig. Von welcher Seite ist die Erd-Sonnenbewegung im Weltenraum zu betrachten, damit sie mit der betrachteten Uhrzeigerbewegung dem Sinne nach übereinstimmt? (vom Südpol des Himmels aus.)

Beachte, daß die hier vorliegende „wahre" Bewegung von E um S die Verquickung einer rechtläufigen Kreisbewegung mit einer rechtläufigen Drehung ist, da der Punkt E dem Punkte S (wie unser Mond unserer Erde) stets dieselbe Seite zukehrt. Hat dieser Umstand Bedeutung für die gefundene scheinbare jährliche Bewegung der Sonne durch den Tierkreis?

2. Auch der Endpunkt des kleinen Zeigers sei ein leuchtender Punkt J und erscheine dem in E befindlichen Lebewesen als Stern am Himmel. Er entspricht gut dem Planeten Jupiter, da $SE = \frac{1}{5{,}2} SJ$ gemacht wurde, und er zwölfmal so langsam wie E umläuft.

Kann Jupiter jede beliebige Stellung zur Sonne einnehmen? (Ja.) Wann finden Oppositionen zur Sonne statt? (Wenn die beiden Zeiger [„Leitstrahlen"] sich decken, also um $12^h\,0\,m$, $1^h\,5\frac{5}{11}$ m, $2^h\,10\frac{10}{11}$ m, usw.; in einem Jupiterjahre 11). Wann finden Konjunktionen statt? (Wenn der eine Zeiger in der Verlängerung des anderen steht, also um $12^h\,32\frac{8}{11}$ m, $1^h\,38\frac{2}{11}$ m, $2^h\,43\frac{7}{11}$ m usw.; in einem Jupiterjahre 11).

Welche scheinbare Bewegung macht „Jupiter" unter den „Fixsternen"? Antwort: Nach je zwölf „Erdjahren" hat ein scheinbarer rechtläufiger Umlauf stattge-

funden, während die „Sonne“ deren 12 gemacht hat. Die genauere Betrachtung zeigt, daß der Stern hierbei 11 mal „rückläufig“ wurde, nämlich in den Zeiten um die Oppositionen. Die Figur 2 zeigt die Konstellation im Augenblick $12^h\,0$ m, in dem gerade der gestutzte große Zeiger den kleinen überholt. Kurz vor diesem Augenblick erscheint „Jupiter“ in J_1, kurz nachher in J_2; er bewegt sich also augenblicklich rückläufig. Die geringe wahre rechtläufige Bewegung von J schwächt diese Rückläufigkeit zwar etwas, kann sie aber nicht aufheben. Ist das auch bei anderen Größen- und Geschwindigkeitsverhältnissen so?

Fig. 2.

Fig. 3.

In welchem Augenblick beginnt die Rückläufigkeit von J, in welchem hört sie auf? Antwort: Wenn der scheinbar langsamer und langsamer werdende Planet schließlich stillsteht. In diesem Augenblick geht die Erde auf ihn zu. Vernachlässigt man die Bewegung von J gegenüber derjenigen von E, so tritt dies ein, wenn (Fig. 3) das Dreieck SEJ bei E rechtwinklig ist, also wenn

$$\cos ESJ = \frac{1}{5},$$

d. h. wenn der Winkel, den die Zeiger miteinander bilden, $78{,}5^0$ beträgt. Durch Auflösung einer Gleichung ersten Grades findet man, daß dies rund um 14 Minuten vor und um 14 Minuten nach 12 eintritt[1]). Die Rückläufigkeit würde demnach etwa 28 Minuten, d. h. fast ein halbes „Jahr“ dauern, und die Sonne würde währenddessen fast sechs Zeichen, nämlich die vom Krebs bis zum Schützen, durchlaufen. In Wahrheit ist Jupiter nur etwa ein drittel Jahr lang rückläufig. Über Ursache und Beseitigung dieser Ungenauigkeit siehe unter 5.

Um für den Augenblick des Rückläufigwerdens den Ort von J unter den „Fixsternen“ (er heiße J') richtig anzugeben, darf man nicht EJ verlängern, sondern man muß durch S zu EJ die Parallele ziehen. Denn gegenüber der Entfernung der Fixsterne sind die Größen des Planetensystems als verschwindend zu betrachten. Die Zeichnung ergibt ebenso wie eine einfache Rechnung, daß sich die Rückläufigkeit auf etwa 9^0 erstreckt, was den wahren Verhältnissen gut entspricht. In Fig. 3 ist hiernach die scheinbare Jupiterbewegung für ein volles Jupiterjahr eingetragen.

[1]) Die Zeigerstellung der Fig. 3 läßt sich mit Zirkel und Lineal nicht konstruieren, da der Winkel $JS(12)$, den der kleine Zeiger mit der Zwölfuhrrichtung bildet, der elfte Teil des konstruierbaren Winkels JSE ist. Natürlich kann man die Elfteilung des Bogens mit einem Stechzirkel beliebig genau ausführen.

Wie ändert sich das Bild, wenn die genauere, etwas größere Geschwindigkeit des Planeten benutzt wird?

3. Nimm das beobachtende Lebewesen in J an und betrachte die scheinbare Bewegung von E. Beantworte insbesondere die Fragen: Können Oppositionen stattfinden? Welche scheinbaren Bewegungen führt E in bezug auf die Sonne aus? Die betrachtete Bewegung ist die der Erde vom Jupiter aus gesehen. Sie stimmt der Art nach mit der Bewegung eines unteren Planeten von der Erde aus gesehen überein.

4. Statt anzugeben, wie weit der große Zeiger abzustutzen ist, kann man Schülern, die die Keplerschen Gesetze kennen, die Aufgabe stellen:

Einen Punkt E auf dem großen Zeiger einer Uhr so anzugeben, daß er und das Ende J des kleinen Zeigers in ihrer Bewegung um S den Keplerschen Gesetzen genügen. Auflösung: Den beiden ersten Keplerschen Gesetzen genügen alle Punkte der Zeiger. Ist die unbekannte Größe $SE = \frac{1}{x} SJ$, so verlangt das dritte Keplersche Gesetz:

$$12^2 : 1^2 = SJ^3 : \left(\frac{SJ}{x}\right)^3.$$

Dies ergibt

$$x = \sqrt[3]{12^2} = 5{,}2\,.$$

5. In 2. ergab sich die Zeitdauer der Rückläufigkeit fast zwei Monate zu groß. Dies liegt hauptsächlich an der dort gemachten plumpen Annahme, im Augenblick des scheinbaren Stillstandes stehe der Planet auch wirklich still und nur die Erde bewege sich. Da auch in Lehrbüchern (mit Recht) der Augenblick der Umkehr durch das Ziehen der Tangente JE (Fig. 3) annähernd bestimmt wird, dürfte es nicht wertlos sein, für den vorliegenden Fall festzustellen, wie die strenge Rechnung das Zahlenergebnis verbessert. In Fig. 4 geben E und J die Stellung der beiden „Planeten" im Augenblick $12^h\,0^m\,0^s$ an. Nach der Zeit t sind sie in E_1 und J_1 angekommen. Der scheinbare Ort J' des Planeten J wird durch die Gerade SJ' bestimmt, die parallel E_1J_1 durch S gezogen ist. Der Winkel $-(12)\,SJ' = l$ ist nichts anderes als die „Länge" des Planeten J', gemessen vom Punkte 12 des Zifferblatts aus[2]). Für den Umkehrpunkt ist

Fig 4.

$$\frac{dl}{dt} = 0 \qquad 1)$$

zu setzen.

Als Längeneinheit werde SE, als Einheit der Winkelgeschwindigkeit die des langsameren Zeigers gewählt. Wählt man ferner als Winkeleinheit 1^0, so ist für diese Rechnung die Zeiteinheit 2 Minuten.

Dann ist $\measuredangle JSJ_1 = t$, $\measuredangle ESE_1 = 12\,t$, folglich

$$\measuredangle J_1SE_1 = \alpha = 11\,t. \qquad 2)$$

Ferner ist

$$\measuredangle E_1J_1S = \beta = \measuredangle J_1SJ' = \measuredangle J_1SJ + \measuredangle JSJ' = t - l. \qquad 3)$$

Im Dreieck J_1SE_1 ist $J_1S = 5$ und $SE_1 = 1$, folglich nach dem Sinussatz

$$\sin J_1E_1S = \sin(\alpha + \beta) = 5 \sin \beta,$$

oder, nach 2) und 3)

$$\sin(12\,t - l) - 5 \sin(t - l) = 0. \qquad 4)$$

---

[2]) Wir betrachten wie für t so für l den rechtläufigen Drehungssinn als den positiven. In Fig. 4 ist also l negativ, gleich $-(12)\,SJ'$, oder $\measuredangle(12)\,SJ' = -l$.

Nennt man die linke Seite dieser Gleichung f, so ist

$$\frac{dl}{dt} = -\frac{\frac{\partial f}{\partial t}}{\frac{\partial f}{\partial l}} = \frac{12\cos(12t-l) - 5\cos(t-l)}{\cos(12t-l) - 5\cos(t-l)}.$$

Dies ist nach 1) gleich 0 zu setzen, und da der Nenner nicht unendlich groß werden kann, so ergibt sich

$$12\cos(12t-l) = 5\cos(t-t). \qquad 5)$$

Nach 4) ist

$$12\sin(12t-l) = 60\sin(t-l). \qquad 6)$$

Durch Quadrieren und Addieren der beiden letzten Gleichungen erhält man

$$144 = 25\cos^2(t-l) + 3600\sin^2(t-l) = 25 + 3575\sin^2(t-l),$$

$$\sin(t-l) = \pm\sqrt{\frac{119}{3575}}, \qquad 7)$$

und nach 4)

$$\sin(12t-l) = \pm 5\sqrt{\frac{119}{3575}}. \qquad 8)$$

Die Rechnung ergibt

$$\left.\begin{array}{l} t = \pm 5{,}0 \text{ Zeiteinheiten} = \pm 10 \text{ Zeitminuten}, \\ l = \mp 5{,}5^\circ. \end{array}\right\}^{3)} \qquad 9)$$

Der „Planet" kehrt also um 10 Minuten vor und um 10 Minuten nach 12 scheinbar um, seine Rückläufigkeit würde 20 Minuten, d. h. $^1/_3$ „Jahr" dauern, die Länge der Schleife $2l = 11^\circ$ betragen. In Anbetracht der mannigfachen Abweichungen unseres Idealplanetariums von der Wirklichkeit kann man mit diesen Ergebnissen sehr zufrieden sein.

Da der Winkel $\alpha + \beta = 12t - l$ annähernd 66°, der Winkel SE_1J_1 also über 114° beträgt, so weicht das in 2. als rechtwinklig behandelte Dreieck JES (Fig. 3) beträchtlich von dieser Gestalt ab.

Das Vakuumthermoelement als Strahlungsmesser.

Von

Dr.-Ing. **W. Voege** in Hamburg.

(Mitteilung aus dem Physikal. Staatslaboratorium.)

Nachdem die im Jahre 1906 von mir angegebenen Vakuumthermoinstrumente zum Messen schwacher Wechselströme[1]) in großer Zahl hergestellt sind und sich seit Jahren bewährt haben, ist es mir auf Grund der gesammelten Erfahrungen gelungen, einen Vakuumstrahlungsmesser zu konstruieren, welcher sich bei sehr hoher Empfindlichkeit durch große Einfachheit auszeichnet. Da dieser Apparat sich ferner in einfachster Weise aufstellen und handhaben läßt, unveränderlich ist und von Luftströmungen nicht beeinflußt wird, so dürfte er sich unter anderem besonders zu Demonstrationen der Wärmestrahlung und der Verteilung der Strahlungsenergie im Spektrum eignen.

---

[3]) Läßt man in 7) und 8) gleichzeitig sowohl t wie l um $\frac{360^\circ}{11}$ oder um ein ganzzahliges Vielfaches dieses Winkels zunehmen, so bleiben diese Gleichungen erfüllt. Hierdurch ergeben sich sofort Zeit und Ort der 10 übrigen Schleifen.

[1]) Elektrotechn. Zeitschr. 1906, **20**, S. 467 und Physikal. Zeitschr. 1906, **14**, S. 498. Katalog 56 von Siemens & Halske, 1912.

Bekanntlich läßt sich die Empfindlichkeit von Thermoelementen auf das Zehnfache und mehr steigern, wenn man dieselben im Vakuum anordnet. Leider ist diese größte Empfindlichkeit in hohem Grade abhängig von der Höhe des Vakuums und vor allem von der Anwesenheit von Wasserdampf. Eine Spur Wasserdampf setzt die Empfindlichkeit eines Vakuumthermoelements ganz bedeutend herab. Man ist deshalb meist gezwungen, das Thermoelement dauernd mit der Luftpumpe in Verbindung zu lassen und von Zeit zu Zeit mit der Gaedepumpe nachzuhelfen. Natürlich ist eine solche Anordnung nur in wenigen Fällen in physikalischen Laboratorien möglich, sie kommt für allgemeinere Verwendung nicht in Betracht. Ebenso ist die kürzlich von Pfund[2]) beschriebene transportabele Entlüftungseinrichtung, bei welcher eine Wehneltkathode mit Batterie sowie ein $^{110}/_{2000}$ Volt-Umformer erforderlich werden, aus denselben Gründen für Schulen u. dgl. ausgeschlossen; ganz abgesehen davon, daß das zur Entlüftung dienende Glasgefäß eine Länge von ca. 17 cm hat bei einem Durchmesser von 3—4 cm, also viel zu unhandlich und zerbrechlich ist. Bei meinem Strahlungsmesser fällt jede Entlüftungsvorrichtung fort, die kleine, die Thermoelemente enthaltende Glaskugel wird nach dem Evakuieren abgeschmolzen und die Höhe und Konstanz des Vakuums wird ähnlich wie bei den Röntgenröhren durch Erhitzung dieser Glaskugel bis zur Rotglut während des längere Zeit fortgesetzten Evakuierens erzielt, wobei jede Spur von Luft und Wasserdampf von den Glaswänden entfernt wird. Die Schwierigkeit bei diesem Verfahren, welches unbedingt haltbare Vakuuminstrumente ergibt, liegt weniger auf seiten der Glastechnik als vielmehr darin, die Verbindungen und Lötstellen der feinen Drähte so herzustellen, daß dieselben die hohen Temperaturen während des Evakuierens aushalten. Erst nach vielen Versuchen ist es mir gelungen, diese Schwierigkeiten zu überwinden. Natürlich muß ein besonders schwer schmelzbares Lot verwendet werden; auch müssen die Thermodrähte aus einem widerstandsfähigen Material bestehen. Daher mußte von den sog. Hutchins-Legierungen, welche Pfund verwendet, von vornherein abgesehen werden. Diese Legierungen geben zwar eine thermoelektrische Kraft von 120 Mikrovolt für 1° *C*, sind also dem Eisenkonstantan-Element mit 53 Mikrovolt pro 1° *C* hierin überlegen, dafür haben aber die Eisenkonstantan-Drähte die großen Vorzüge der mechanischen Festigkeit und schweren Schmelzbarkeit. Die Thermoelemente in dem neuen Strahlungsmesser bestehen daher aus Eisen und Konstantandrähten von 0,03 bis 0,04 mm Durchmesser; sie sind ausgespannt zwischen Platindrähten von 0,3 mm Stärke. Die wirksamen Lötstellen der Thermoelemente haben eine sehr geringe Masse und folgen allen Änderungen der auffallenden Strahlung fast momentan, während andererseits die Verbindungsstellen der Thermoelemente mit den dicken Platindrähten von der Lichtstrahlung so gut wie gar nicht beeinflußt werden. Eine geringe Änderung des Nullpunktes infolge der Temperaturerhöhung dieser zweiten Lötstellen ist erst nach sehr langer Bestrahlung, wie sie praktisch kaum vorkommt, zu bemerken. Von diesen Elementen sind 4 Stück hintereinander geschaltet und so angeordnet, daß die zu bestrahlenden Lötstellen eine gerade Linie bilden. Natürlich wäre es möglich, auch eine noch größere Zahl von Thermoelementen in einem Apparat unterzubringen. Die Schwierigkeit der Herstellung und dementsprechend der Preis des Apparates wächst aber hierdurch so bedeutend, daß ich mich mit der erreichten Empfindlichkeit — der 5 bis 6 fachen der Rubensschen Thermosäule — begnügt habe und lieber die Anschaffung von 2 gleichen Strahlungsmessern empfehle. Diese beiden lassen sich in gewissen Fällen — wenn das Galvanometer einen relativ großen Widerstand hat — in Serie schalten, sie lassen sich aber auch, wie ich weiter unten zeigen werde, mit großem Vorteil noch in einer anderen Kombination verwenden. Die Glaskugel zur Aufnahme der Thermoelemente hat einen Durchmesser von etwa 2,5 cm, sie ist an der Vorderfläche

[2]) Physikal. Zeitschr. 1912, **13**, S. 870.

abgeflacht und bis auf das so entstehende vollkommen ebene Fenster von 25 mm Durchmesser auf der Außenseite versilbert. Die Anordnung der Elemente in dieser versilberten kleinen Kugel trägt in Verbindung mit dem passend geformten Auffangtrichter (siehe Fig. 1) in hohem Maße zur Erzielung der hohen Empfindlichkeit bei. Eine einfache Visiervorrichtung ermöglicht eine schnelle Einstellung des Strahlungsmessers auf die zu prüfende Lichtquelle. Das Fenster für den Eintritt der Strahlung besteht aus so dünnem Glase, daß fast 70% der Strahlung der Hefnerlampe durchgelassen werden. Sieht man daher von den ganz langwelligen dunklen Wärmestrahlen ab, welche von diesem Glase absorbiert werden, so ist der Strahlungsmesser zur Messung aller von einem glühenden Körper ausgehenden Strahlen mit Vorteil zu gebrauchen.

Fig. 1.

Der Vorteil liegt neben der hohen Empfindlichkeit, welche auch den Gebrauch weniger empfindlicher Galvanometer gestattet, vor allem in dem guten Abschluß der Thermoelemente von der Luft. Die dünnen Drähte sind vollkommen geschützt und unbegrenzt haltbar und man ist von Luftströmungen vollkommen unabhängig. Der Nullpunkt des Lichtzeigers des Galvanometers behält daher bei Abschluß der Lichtstrahlung seine Lage unverändert bei; die Ausschläge, welche infolge der sehr geringen Masse der Drähte ungemein schnell erfolgen, sind daher scharf und genau abzulesen. Der Lichtzeiger folgt jeder Verschiebung der Thermosäule im Spektrum fast momentan.

Die hohe Empfindlichkeit ist aus folgenden Messungsresultaten zu ersehen:

Lichtquelle: Metallfadenlampe der A.E.G. 32 K. 110 V. in 130 cm Abstand von dem Strahlungsmesser.

Benutztes Spiegelgalvanometer (mit 1,5 m langem Lichtzeiger)			Ausschlag des Lichtzeigers bei Verwendung	
Siemens & Halske	Empfindlichkeit	Widerstand	der Rubenssäule	des neuen Strahlungsmessers
Lfd. Nr. 16705	1 mm bei 1 m Skalenabstand	10 Ohm	52°	260°
-	$= 1{,}2 \times 10^{-8}$ Amp.	100 -	6°	56°
Lfd. Nr. 16704	$= 2{,}5 \times 10^{-8}$ Amp.	25 Ohm	10°	67°
-		200 -	2°	13°

Handelt es sich um intensivere Strahlungen, z. B. um die Messung einer Lichtquelle in kleinem Abstand oder der Sonnenstrahlung, so ist ein Spiegelgalvanometer entbehrlich, ein empfindliches Zeigergalvanometer reicht dann vollkommen aus.

Mit einem Zeigergalvanometer der Firma Nadir ($1^0 = 3 \times 10^{-7}$ Amp., 300 Ohm) erhielt ich bei schwacher Sonnenstrahlung im Februar

mit der Rubenssäule: 20° Ausschlag
mit dem neuen Strahlungsmesser: 140° Ausschlag.

Bei Verwendung des empfindlicheren Zeigergalvanometers der Firma Siemens & Halske, Lfd. Nr. 16691 ($1^0 = 3 \times 10^{-7}$ Amp., 80 Ohm), ging bei derselben Bestrahlung der Zeiger weit über das Ende der Skala hinaus.

Natürlich kann man durch das Vorschalten von Widerstand vor das Galvanometer oder durch Anbringung einer Blende jede gewünschte Empfindlichkeit erhalten.

Der neue Strahlungsmesser besitzt also mit 4 Eisenkonstantanelementen im Vakuum mit Auffangetrichter rund die 5fache Empfindlichkeit gegenüber der Thermosäule nach Rubens in Luft mit 20 Elementen aus demselben Material. Die Rubenssche Säule wurde

natürlich bei diesem Vergleich ebenfalls mit Auffangtrichter benutzt. Das Verhältnis zwischen den Angaben der beiden Strahlungsmesser bleibt dasselbe, auch wenn man mit der Spannung an der Glühlampe von 110 bis auf 50 Volt heruntergeht. Überhaupt stört das Glasfenster bei der Untersuchung von Lampen, welche ohnehin eine Glocke oder einen Zylinder aus Glas besitzen, nicht im geringsten; ebensowenig bei Messungen im Spektrum; pflegen doch Linsen und Prisma in den meisten Fällen aus dickem Glas zu bestehen, gegenüber welchem der Einfluß der dünnen Glasscheibe vor der Säule verschwindet. Als Galvanometer kann jedes empfindliche Spiegelgalvanometer verwendet werden, am besten ein solches mit nicht zu großem Widerstand.

Ein derartiger Strahlungsmesser läßt sich natürlich zu den verschiedenartigsten Messungen benutzen, im folgenden sollen einige einfache, besonders instruktive Versuche kurz beschrieben werden.

1. Wärmedurchlässigkeit verschiedener Stoffe. Strahlungsquelle am einfachsten eine elektrische Kohlefadenglühlampe. Der Abstand dieser Lampe von der Thermosäule wird so gewählt, daß der Ausschlag ohne zwischengeschaltete Stoffe möglichst groß ist. Die zu prüfenden Platten werden zwischen Lampe und Thermosäule eingeführt, besonders geeignet sind: Gläser verschiedener Zusammensetzung, Dicke und Farbe, Wassergefäße verschiedener Dicke, dünner undurchsichtiger Hartgummi und Quarz oder Steinsalz, ferner Schleier verschiedener Dichte und Farbe.

Bei meinen Versuchen erhielt ich folgende Werte:

Glühlampe 25 K in 1 m Abstand	ohne alles	$\alpha = 127^\circ$
	mit 1 Glasscheibe von 1,4 mm Stärke	$\alpha = 104^\circ$
	mit 2 Glasscheiben von 1,4 mm Stärke	$\alpha = 89^\circ$
	mit 1 cm dicker Wasserschicht . . .	$\alpha = 26^\circ$
	mit Hartgummi 0,3 mm stark	$\alpha = 75^\circ$

Der undurchsichtige Hartgummi läßt also fast ebensoviel durch wie die beiden durchsichtigen Glasscheiben.

2. Strahlung verschiedener Lichtquellen. Am besten benutzt man Lampen von annähernd gleicher Lichtstärke, oder man wählt den Abstand der verschiedenen Lampen von der Thermosäule so groß, daß die photometrisch gemessene optische Lichtwirkung in der Ebene der Thermosäule (bzw. Rand des Auffangtrichters) für alle Lichtquellen gleichgroß ist. Besonders geeignet sind zum Vergleich: Kohlefadenlampe, Tantallampe, Osramlampe, Gasglühlicht und Bogenlicht. Es ergaben sich z. B. für die:

Kohlefadenlampe 25 K 110 V. 0,81 Amp., also 89 Watt	in gleichem Abstand 1 m	$\alpha = 127^\circ$
Osramlampe . . 25 K 110 V. 0,30 Amp., also 33 Watt		$\alpha = 57^\circ$

Das Verhältnis der aufgenommenen Energie $^{89}/_{33}$ Watt $= 2{,}7$ entspricht nicht genau dem Verhältnis der Wärmestrahlung $^{127}/_{57} = 2{,}23$, weil bei der Kohlefadenlampe ein größerer Teil der Wärme von der heißeren Glasglocke durch Luftleitung abgeführt wird! Besonders klein fällt die Wärmestrahlung natürlich bei der Bogenlampe aus. Wiederholt man die Absorptionsversuche mit Glas, Wasser und Hartgummi bei verschiedenen Lichtquellen, so werden sich auch verschiedene Werte für die durchgelassene Strahlung ergeben. Z. B. machte das Zwischenschalten einer 1 cm dicken Wasserschicht bei der Kohlefadenlampe wesentlich mehr aus als bei der Metallfadenlampe mit ihrem höheren Glühgrad. — Interessant ist ferner die Messung beim Gasglühlicht mit und ohne Zylinder.

3. Die verschieden starke Reflexion von Spiegeln, Papier u. dgl. läßt sich zeigen, wenn man die betreffenden Stoffe hinter die Glühlampe hält und die Veränderung des Ausschlages beobachtet.

4. Abhängigkeit der Strahlung einer Glühlampe von der Spannung an der Lampe, d. h. bei Vorschaltung von Widerständen vor dieselbe. Wird gleichzeitig

die Lichtstärke der Lampe photometrisch gemessen, so ergibt sich ein verschieden starkes Ansteigen der Lichtstärke und der Wärmestrahlung mit wachsender Spannung, weil die leuchtenden Strahlen schneller wachsen als die langwelligen Wärmestrahlen; mit Zunahme der Temperatur des Glühkörpers verschiebt sich das Energiemaximum im Spektrum.

Dieser Versuch wird zweckmäßig mit einer Kohlefadenlampe und mit einer Metallfadenlampe ausgeführt.

5. Die Energieverteilung im Spektrum. Bei der Benutzung eines Spiegelgalvanometers von Siemens & Halske mit 200/25 Ohm Widerstand ($1^0 = 2{,}5 \,.\, 10^{-8}$) genügte bereits eine kleine Bogenlampe von 3 Amp., um den Versuch zu zeigen. Das entworfene sichtbare Spektrum hatte eine Höhe von ca. 3,5 cm und eine Länge von ca. 16 cm. Das Maximum der Strahlung lag im Ultrarot, etwa 4 cm hinter dem äußersten sichtbaren Rot. Benutzt wurden Prisma und Linse aus Glas. — Bei Verwendung einer größeren Bogenlampe kommt man natürlich schon mit geringerer Galvanometerempfindlichkeit aus.

Zum Schluß möchte ich noch eine Schaltungsweise von zwei der beschriebenen Strahlungsmessern beschreiben, welche eine ungemeine Erhöhung der Empfindlichkeit bei Absorptions- und Reflexionsversuchen ergibt und geeignet ist, die kleinsten Unterschiede zwischen reflektierenden und absorbierenden Stoffen zu messen. Zu diesem Zwecke werden die beiden Thermosäulen, wie Fig. 2 zeigt, in kurzem Abstand von wenigen Zentimetern der gleichen Strahlungsquelle L (Glühlampe) gegenübergestellt, so daß ihre Achsen senkrecht aufeinanderstehen, und zwar werden die beiden Strahlungsmesser unter Zwischenschaltung des Galvanometers G gegeneinandergeschaltet, so daß die elektromotorischen Kräfte einander entgegenwirken und der Strom im Galvanometer verschwindet. Durch Verändern des Abstandes zwischen der einen Säule und der Lampe läßt sich leicht eine Stellung finden, bei welcher der Strom im Galvanometer = 0 ist. Zweckmäßig schaltet man hierbei zunächst einen Widerstand vor das Galvanometer, um die Empfindlichkeit herabzudrücken; erst wenn die richtige Stellung der Thermosäulen zu der Lampe gefunden ist, wird der Widerstand ausgeschaltet. Die so geschaffene Kombination der beiden Strahlungsmesser ist äußerst empfindlich gegen jede Störung im Gleichgewicht der Strahlung. Wird z. B. zwischen die eine Säule und die Lampe eine Glasplatte a von 1,4 mm Stärke geschoben, so erhält man einen Ausschlag von 200 Skalenteilen gegenüber 23 bei der einfachen Säule. Es lassen sich also z. B. die kleinsten Unterschiede in der Dicke zweier Gläser, in der Zusammensetzung von Flüssigkeiten und Dämpfen sehr genau und scharf messen. Ebenso bewirkt jede Erhöhung der Strahlung durch eine reflektierende Fläche bei b einen großen Galvanometerausschlag. So geben z. B. Papierflächen verschiedener Färbung ganz verschiedene Reflexionswerte.

Fig. 2.

Die Empfindlichkeit läßt sich noch bedeutend steigern, wenn man eine recht kräftig strahlende Lampe benutzt, also z. B. eine 32- oder 50kerzige Kohlefadenlampe. Richtet man jede der beiden Thermosäulen auf je eine Lichtquelle verschiedenen Glühgrades (z. B. Kohlefadenlampe, Metallfadenlampe), so läßt sich die verschiedene Wirkung derselben absorbierenden Substanz bei den verschiedenen Strahlungsquellen sehr schön zeigen.

Die zuletzt beschriebene Methode der Gegenschaltung zweier Thermosäulen resp. der Kompensation des erzeugten Stromes dürfte sich ihrer großen Empfindlichkeit und Genauigkeit wegen besonders auch zu Forschungen auf diesem Gebiete eignen.

Der beschriebene Apparat ist zu beziehen von der Firma Siemens & Halske, Berlin, „Wernerwerk“.

Zur Theorie des bewegten Spiegels.

Von
Prof. Dr. **Pyrkosch** in Breslau.

Im 15. Heft des Jahrgangs 1912 der Annalen der Physik[1]) ist eine Arbeit unter der obigen Überschrift von A. Harnack veröffentlicht, in der der Reflexionswinkel und die Schwingungszahl einer ebenen monochromatischen Lichtwelle, die an einem gleichförmig translatorisch bewegten Spiegel reflektiert wird, in höchst einfacher und eleganter Weise berechnet werden. Als ich mich mit dieser Arbeit beschäftigte, um über sie im physikalischen Colloquium der hiesigen Universität zu berichten, bemerkte ich, daß die Darstellung des Gegenstandes eigentlich noch durchsichtiger wird, wenn man nicht wie in der zitierten Arbeit den Reflexionswinkel indirekt bestimmt, sondern seine Berechnung an die Spitze stellt. Bei dieser Art der Behandlung dürften die in Rede stehenden Fragen selbst im Unterricht als mathematisch-physikalische Übungen verwendbar sein. Die Rechnung ist dann freilich nicht so einfach wie bei Harnack, aber für Unterrichtszwecke nicht ohne Interesse.

Fig. 1.

Fig. 2.

1. Ein ebener Spiegel mit der Spur S (s. Fig. 1) bewege sich also mit der Geschwindigkeit v in der Richtung seiner Normalen CL und befinde sich in der Lage S zur Zeit t_0. AA_1 sei die Spur einer zur Zeichenebene senkrechten Wellenebene, so daß die in zwei beliebigen Punkten A und A_1 auf ihr errichteten Senkrechten zwei zur Welle gehörige Strahlen sind. Zur Zeit t_0 habe der Strahl AC gerade den Spiegel in der Lage S erreicht, so daß die Spur der Wellenfront in diesem Augenblick durch die von C auf den andern Strahl gefällte Senkrechte CC_1 gegeben ist. Der Strahl A_1C_1 erreicht demnach den Spiegel später, etwa in E, wenn er die Lage S_1 hat. Er hat folglich den Weg C_1E mehr zurücklegen müssen. Ist ϑ der Einfallswinkel, c die Lichtgeschwindigkeit, so gilt die Gleichung

$$C_1E \cdot v = (C_1D - C_1E) \cdot c \cos \vartheta,$$

aus der sich ergibt

$$C_1E = CD \cdot \frac{c \sin \vartheta \cos \vartheta}{v + c \cos \vartheta}\,. \tag{1}$$

Daraus folgt sofort, daß die Punkte E, die zu den Punkten A_1 der Wellenebene AA_1 gehören, die zur Zeichenebene senkrechte Ebene mit der Spur CE erfüllen. Im Sinne des Huyghensschen Prinzips wird aber jeder Punkt E im Augenblick, wo der Spiegel in ihm von dem entsprechenden Strahl erreicht wird, zum Ursprung einer Elementarwelle, die sich bekanntlich auch von Punkten bewegter Körper aus kugelförmig mit der Lichtgeschwindigkeit c ausbreitet. Um die Lage der reflektierten Wellenfront zu bekommen, hat man daher nur die bekannte Huyghenssche Konstruktion auszuführen, nur mit dem Unterschiede, daß die Erschütterungszentren der Elementarwellen nicht

[1]) Annalen der Physik (4) **39**, S. 1053 bis 1058, 1912.

auf dem ruhenden Spiegel, sondern auf der dem bewegten zugeordneten Ebene CE liegen. Wir wählen als den Zeitpunkt, für den wir die reflektierte Welle darstellen wollen, denjenigen, wo der durch A_1 gehende Strahl den Spiegel in E erreicht und die zu diesem Punkte gehörige Elementarwelle den Radius Null hat. Dann ist der Radius der zum Erschütterungszentrum C gehörigen Elementarwelle gleich C_1E, und wenn wir in der Figur um C mit diesem Radius den Kreis schlagen (s. Fig. 2), erhalten wir offenbar die Spur der zur Zeichenebene senkrechten reflektierten Front, indem wir durch E an den Kreis die untere Tangente legen. Berührt diese den Kreis in F, so ist CF die Normale der reflektierten Welle und LCF der Reflexionswinkel ϑ'.

Um diesen Winkel zu berechnen, legen wir die positive Abszissenhalbachse in die CD, die positive Ordinatenhalbachse in die CL; dann sind die Koordinaten des Punktes E leicht zu bestimmen; man findet

$$\xi = CG = CD \cdot \cos\vartheta \cdot \frac{v\cos\vartheta + c}{v + c\cos\vartheta}, \qquad \eta = GE = CD \cdot \frac{v\sin\vartheta\cos\vartheta}{v + c\cos\vartheta}. \qquad 2)$$

Aus der Figur geht ferner sofort hervor, daß der Richtungskoeffizient der Tangente EF gleich $-\operatorname{tg}\vartheta'$ ist. Es handelt sich also darum, diesen Richtungskoeffizienten zu ermitteln. Ist aber ein Kreis mit der Gleichung

$$x^2 + y^2 - r^2 = 0$$

gegeben, so sind die Richtungskoeffizienten der vom Punkte (ξ, η) an ihn gehenden Tangenten dargestellt durch

$$\mu = \frac{\xi\eta \pm r\sqrt{\xi^2 + \eta^2 - r^2}}{\xi^2 - r^2}.$$

Man überzeugt sich leicht, daß für die Tangente EF das Minuszeichen das richtige ist, und wenn man aus 1) und 2) die Ausdrücke für r, ξ und η einsetzt und vereinfacht, erhält man

$$\mu = -\operatorname{tg}\vartheta' = \sin\vartheta \cdot \frac{v^2 - c^2}{2vc + \cos\vartheta\,(v^2 + c^2)},$$

also, wenn noch

$$\beta = \frac{v}{c}$$

gesetzt wird,

$$\operatorname{tg}\vartheta' = \sin\vartheta \cdot \frac{1 - \beta^2}{2\beta + \cos\vartheta\,(1 + \beta^2)}. \qquad 3)$$

Damit ist der Reflexionswinkel durch β und ϑ bestimmt.

Wir berechnen noch den Sinus und Kosinus von ϑ' aus seinem Tangens und bekommen

$$\sin\vartheta' = \frac{1 - \beta^2}{1 + 2\beta\cos\vartheta + \beta^2}, \qquad \cos\vartheta' = \frac{2\beta + (1 + \beta^2)\cos\vartheta}{1 + 2\beta\cos\vartheta + \beta^2}. \qquad 4)$$

Für $\beta = 0$, also für den ruhenden Spiegel, erhalten wir dann $\operatorname{tg}\vartheta' = \operatorname{tg}\vartheta$; $\vartheta' = \vartheta$, d. h. das bekannte Reflexionsgesetz;

für $\beta = 1$, also für den mit Lichtgeschwindigkeit bewegten Spiegel $\operatorname{tg}\vartheta' = 0$, $\vartheta' = 0$, so daß in diesem Falle die einfallenden Strahlen längs des Einfallslotes reflektiert werden würden. Ist die Bewegung des Spiegels nicht den Lichtstrahlen entgegen, sondern von ihnen weggerichtet, v also negativ, so ist $\vartheta' > \vartheta$, und wenn die Bedingungsgleichung

$$2\beta + \cos\vartheta\,(1 + \beta^2) = 0$$

erfüllt ist, $\vartheta' = \frac{\pi}{2}$; der reflektierte Strahl geht streifend am Spiegel entlang; ist schließlich

$$\beta = -\cos\vartheta,$$

so ergibt sich

$$\operatorname{tg}\vartheta' = -\operatorname{tg}\vartheta, \quad \vartheta' = 180^0 - \beta;$$

und in der Tat geht dann der Strahl einfach geradlinig weiter, da er den Spiegel nicht mehr erreicht.

2. Die Wellenlänge oder die Schwingungszahl des einfallenden Lichts war bei den bisherigen Betrachtungen beliebig. Wir nehmen nunmehr eine bestimmte Wellenlänge λ und die zugehörige Schwingungszahl ν an, die sich aus der Beziehung $\lambda = \frac{c}{\nu}$ ergibt. Dann ist die Frage, wie groß die Wellenlänge λ' und die Schwingungszahl $\nu' = \frac{c}{\lambda'}$ des am bewegten Spiegel reflektierten Lichtes sein wird. Daß die beiden Größen nicht gleich den entsprechenden des einfallenden Lichts sein können, ist leicht einzusehen. Der Spiegel bewege sich wieder den Strahlen entgegen und zwar in der Zeit δt längs des Einfallslotes von A bis E um die Strecke $v \cdot \delta t$ (Fig. 3). $\mathfrak{E}$ und $\mathfrak{E}'$ seien zwei im Raume feste Lagen der einfallenden und reflektierten Wellenfront, die auf der Zeichenebene senkrecht stehende Ebenen sind. A sei der Einfallspunkt des durch B gehenden Strahls zur Zeit t_0 A' der zur Zeit $t_0 + \delta t$. Dann treten in den durch die Ebenen $\mathfrak{E}$ und $\mathfrak{E}'$ gebildeten Raumquadranten, in dem der Spiegel sich bewegt, bei B in der Zeit δt $\nu \cdot \delta t$ Wellen ein, bei dem auf der $\mathfrak{E}'$ wandernden Punkte C $\nu' \cdot \delta t$ Wellen aus. Wäre nun $\nu = \nu'$, so müßten zur Zeit t_0 auf der gebrochenen Linie BAC ebensoviele Wellen liegen als zur Zeit $t_0 + \delta t$ auf der gebrochenen Linie $BA'C'$, da ja ebensoviele Wellen aus dem Quadranten ausgetreten wie in ihn eingetreten sind. Diese Zahl ist aber in dem einen Falle $\frac{1}{\lambda}(AB + AC)$, im andern $\frac{1}{\lambda}(A'B + A'C')$. Nun ist $A'B = AB - AA'$ und $A'C' = AC + A'D$, AA' aber als Hypotenuse in dem bei D rechtwinkligen Dreieck $AA'D$ sicher größer als $A'D$, so daß unmöglich $\lambda' = \lambda$, $\nu' = \nu$ ist. Durch eine entsprechende Betrachtung läßt sich leicht einsehen, daß aus der Tatsache, daß durch Reflexion am ruhenden Spiegel die Schwingungszahl, d. h. die Farbe des Lichts nicht geändert wird, die Gleichheit des Einfalls- und des Reflexionswinkels folgt.

Fig. 3.

Die Berechnung von ν' geschieht nun ohne Mühe. Es werden offenbar durch den bewegten Spiegel Wellen aus dem Raumquadranten herausgedrängt, so daß $\nu' > \nu$ ist, und es ergibt sich die sofort zu übersehende Bedingungsgleichung

$$(\nu' - \nu) \cdot \delta t = \left(\frac{BA}{\lambda} + \frac{AC}{\lambda'}\right) - \left(\frac{BA'}{\lambda} + \frac{A'C'}{\lambda'}\right)$$

oder

$$(\nu' - \nu) \cdot \delta t = \frac{1}{\lambda}(BA - BA') + \frac{1}{\lambda'}(AC - A'C'),$$

und da

$$BA - BA' = AA' = \frac{AE}{\cos\vartheta} = \frac{v \cdot \delta t}{\cos\vartheta},$$

$$AC - A'C' = A'D = AA' \cos(\vartheta + \vartheta') = \frac{v \cdot \delta t \cdot \cos(\vartheta + \vartheta')}{\cos\vartheta},$$

$$\lambda = \frac{c}{\nu}, \quad \lambda' = \frac{c}{\nu'},$$

nach leichter Ausrechnung

$$\nu' = \frac{c\cos\vartheta + v}{c\cos\vartheta - v\cos(\vartheta + \vartheta')} \cdot \nu = \frac{\cos\vartheta + \beta}{\cos\vartheta - \beta \cdot \cos(\vartheta + \vartheta')} \cdot \nu, \qquad 5)$$

wo wieder $\beta = \frac{v}{c}$ gesetzt ist.

Diese Formel sowie die vorhergehende Ableitung ist von Planck in der „Theorie der Wärmestrahlung" im § 75 gegeben worden. Sie enthält aber noch den Reflexionswinkel ϑ'. Benutzen wir aber unsere Formeln 4), so können wir den Winkel ϑ' leicht eliminieren und finden nach einer kleinen Rechnung

$$\nu' = \nu \cdot \frac{1 + 2\beta \cos\vartheta + \beta^2}{1 - \beta^2}. \qquad 6)$$

Ist $\beta = 0$, der Spiegel also in Ruhe, so finden wir hieraus $\nu' = \nu$, wie es sein muß, für $\beta = 1$ dagegen, d. h. wenn der Spiegel mit Lichtgeschwindigkeit längs seiner Normalen bewegt wird, $\nu' = \infty$, woraus sich die Unmöglichkeit ergibt, einen Spiegel mit Lichtgeschwindigkeit einer auffallenden Strahlung entgegen zu bewegen.

Zu denselben Formeln 3) und 6) gelangt Harnack in der oben zitierten Arbeit. Von dem Huyghensschen Prinzip macht Harnack nur indirekt Anwendung, indem er die reflektierte Welle als eine ebene voraussetzt, auf der die Strahlrichtung senkrecht steht. Auch in die Untersuchungen von M. Abraham über diesen Gegenstand (Elektromagnetische Theorie der Strahlung, § 40), die sich auf anderen Bahnen bewegen, spielt dieses Prinzip hinein.

Experimentelle Analyse der Kondensatorschwingungen.

Von

Karl Regner in Jungbunzlau, Böhmen.

Die elektrischen Schwingungen sind wegen ihrer Wichtigkeit ein Teil des physikalischen Lehrstoffes an den Mittelschulen geworden. Da aber der Unterricht womöglich vom Experiment ausgehen soll, und da es zweckmäßig erscheint, diesen Abschnitt der Physik mit der oszillatorischen Kondensatorentladung zu beginnen, ist es wünschenswert, die Kondensatorentladungen experimentell vorzuführen. Das Experiment muß für den Lehrer einfach sein und darf nie versagen, für die Schüler muß es überzeugend, von weitem gut sichtbar und so beschaffen sein, daß es die Abhängigkeit der vorkommenden Größen qualitativ zu beobachten erlaubt.

Es gibt sehr viele Abhandlungen[1]), in denen die Darstellung der elektrischen Schwingungsfiguren behandelt wird, doch erfüllen sie alle nicht die sämtlichen oben erwähnten Anforderungen.

Bei den Versuchsanordnungen bedient man sich entweder einer großen Kapazität oder einer großen Selbstinduktion oder beider zugleich, damit die Schwingungen laut der Thomsonschen Formel $T = 2\pi\sqrt{CL}$ so langsam als möglich und dadurch der Analyse zugänglich werden.

Der vollkommenste Apparat ist die Braunsche Röhre[2]), die bei zweckmäßiger Anordnung des Experiments direkt eine Sinusoide mit abnehmender Amplitude als

---

[1]) Übersicht der Apparate, die zur Analyse der periodischen elektrischen Vorgänge benützt werden, s. diese Zeitschr. **19**, H. **3** (Berichte). — Über das Drudesche Experiment und seine Kritik s. H. Schnell, diese Zeitschr. **22**, 4, und W. König, Ann. d. Phys. **67**, 1899. — Über direkte Zerlegung des el. Funkens nach dem ursprünglichen Gedanken Feddersens s. Feddersen, Ann. d. Phys. **116**, 1862; Zehnder, Ann. d. Phys. **9**, 1902; E. Grimsehl, diese Zeitschr. **21**, 1. — Über eine Methode, die von den Lichtenbergschen Figuren Gebrauch macht, s. W. König, Ann. d. Phys. **67**, 1899. — Über Analyse sehr langsamer Schwingungen mittels geeigneter Galvanoskope und Oszillographen s. H. Schnell, diese Zeitschr. **22**, 4; O. Wiener, Phys. Zeitschr. **8**, 1907; R. Colley, Ann. d. Phys. **44**, 1891. — Über stehende el. Wellen s. E. Grimsehl, diese Zeitschr. **21**, **1**, und A. Strobel, diese Zeitschr. **23**, 2.

[2]) F. Braun, Ann. d. Phys. **60**, 1897; Richarz-Ziegler, Ann. d. Phys. **1**, 1900; Wehnelt-Donath, Ann. d. Phys. **69**, 1899.

Bild der gedämpften elektrischen Schwingungen zeigt. Dieses Bild ist aber klein und wenig deutlich, so daß es sich für eine größere Zuhörerschaft nicht eignet.

In dieser Hinsicht ist die Glimmlichtoszillographenröhre von Gehrcke und von Ruhmer[3]) besser. Sie beruht darauf, daß die Länge des Kathodenglimmlichts der hindurchgehenden Stromintensität proportional ist, sobald die drahtförmige Kathode genügend lang ist. Wie dieser Apparat zur Analyse der oszillatorischen Kondensatorenentladungen zu gebrauchen ist, hat Ruhmer[4]) selbst gezeigt. Zum Experiment bedient er sich jedoch kostspieliger Vorrichtungen, z. B. eines Paraffinkondensators von 102 MF Kapazität, was für Mittelschulen ungangbar erscheint.

Wie aber im folgenden gezeigt werden soll, habe ich erkannt, daß man mit viel geringeren Mitteln ein völlig befriedigendes Resultat erzielen kann.

Erstens kann man die ziemlich teuere Glimmlichtoszillographenröhre durch eine gewöhnliche Crookessche Spektralröhre ersetzen, wie es schon R. Colley[5]) zum Zweck der Untersuchung des Induktionsstromes in der Sekundärspule des Funkeninduktors getan hat. Daß sich die Spektralröhre vortrefflich zur Untersuchung der elektrischen Wechselströme eignet, ist allgemein bekannt und wird auch oft ausgenützt; die einfachen Versuche dieser Art erfordern jedoch viel Scharfsinn und überzeugen nicht immer[6]).

Zweitens genügt zum Versuche der Kondensator, welcher sich im Gestell des Funkeninduktors befindet, und dessen Kapazität nur einige MF beträgt.

Folgendes ist der leitende Gedanke des Versuches: Wenn man einen solchen Kondensator derart ladet, daß man ihn an die Pole eines Gleichstromes von gewöhnlicher Spannung anlegt, und dann seine Entladung durch die Primärspule eines Funkeninduktors sendet, so werden in der Sekundärspule dieses Funkeninduktors Ströme von genügender Spannung induziert, um eine Spektralröhre zum Leuchten zu bringen, die an die Sekundärspule angeschlossen ist. Die Spektralröhre kann man jedoch nicht direkt in den Schwingungskreis einschalten, denn sie braucht einige hundert Volt Spannung, um zu leuchten.

L C W D S_1 P S_2 G Z R M

Fig. 1.

Die Durchführung des Experiments erläutern folgende Figuren und einige Bemerkungen. In Fig. 1, die teilweise schematisch, teilweise perspektivisch gezeichnet ist, bedeutet: D eine Gleichstromquelle von ca. 100 Volt Spannung, C den Paraffinkondensator eines Funkeninduktors, L eine Selbstinduktionsspule, W einen Stöpselrheostaten, R einen Funkeninduktor, G eine Spektralröhre, Z einen Spiegel, der durch einen Elektromotor M gedreht wird. Der Kondensator wird abwechselnd durch einen selbsttätigen Umschalter geladen und entladen, der auf der Achse des Spiegels montiert ist. Dieser Umschalter besteht aus einer von Hartgummi oder Fiber hergestellten Scheibe K, welche einen metallischen 60°-Ausschnitt hat. Dieser Ausschnitt ist an der metallischen Achse des Spiegels angebracht, und diese ist in leitender Verbindung mit der Klemme auf dem Gestell P. Die Scheibe K berühren zwei Federn S_1 und S_2, die mit Zuführungsklemmen ausgestattet sind. Es ist wünschenswert, daß sowohl die Federn wie auch der Ausschnitt mit Platin belegt werden,

---

[3]) E. Gehrcke, Verh. d. Deutsch. phys. Ges. 6, 1904; E. Ruhmer, Elektrotechn. Zeitschr. 26, 1905.

[4]) E. Ruhmer, diese Zeitschr. 19, 3.

[5]) R. Colley, Ann. d. Phys. 44, 1891.

[6]) H. Borgesius, diese Zeitschr. 23, 2; J. Jung, diese Zeitschr. 20, 5.

damit sie durch die Funken nicht oxydiert werden. Dann erfolgt nämlich eine sichere Berührung beider Teile immer in demselben Augenblicke, die Bilder der Spektralröhre im Spiegel überdecken sich bei jeder folgenden Rotation und erscheinen stillstehend.

Um eine gleichmäßige Rotation des Spiegels zu erhalten, ist ausschließlich ein Elektromotor zu benützen. Der Spiegel hat etwa die Länge der Spektralröhre und ist ca. 6 cm breit. Er ist an der einen Seite eines leichten hohlen Parallelepipeds mit länglicher Basis befestigt, wegen der Symmetrie ist es jedoch anzuempfehlen, zwei Spiegel an entgegengesetzten Seiten des Parallelepipeds anzubringen. Beide Spiegel sind zum Herausnehmen eingerichtet, damit man den einen nach Bedarf mit der lackierten Folie nach außen wenden könne, falls er hinderlich sein sollte. Die Scheibe kann man etwas drehen, damit die Berührung der Feder, also auch die Kondensatorentladung in dem Augenblicke beginne, wo der Spiegel dem Zuschauer zugewendet ist; dann wird die Scheibe mit der Schraube *s* befestigt.

Der rotierende Spiegel, mit dem Umschalter an den Elektromotor montiert, ist nebst den übrigen in jedem physikalischen Kabinett befindlichen Apparaten die einzige zum Experiment nötige Vorrichtung, welche allerdings auch anderweitig Anwendung finden kann, und leicht selbst zu verfertigen ist, wenn ein kleiner schneller Elektromotor zur Verfügung steht.

Fig. 2.

Mit einem 15-cm-Funkeninduktor von Ernecke, welcher einen Kondensator von ca. 5 MF Kapazität enthält und einer 20 cm langen Spektralröhre *N*, habe ich 6 Bilder der Spektralröhre durch eine Entladung erzielt, wozu eine Spannung des Gleichstromes von ca. 90 Volt ausreichte. Fig. 2 ist die verkleinerte Reproduktion, die durch 15 Sek. Exposition hervorgebracht wurde. Auf die photographische Platte wirkt das blaue Kathodenglimmlicht am stärksten, sowie auch der mittlere enge Röhrenteil, der am hellsten leuchtet. Wiewohl die Details bei der Reproduktion verloren gehen, wird doch die Abnahme der Helligkeit der einzelnen Schwingungen leicht bemerkt. Beobachtet man die Spektralröhre selbst, ohne Spiegel, so erscheinen beide Pole ganz gleich.

Mit derselben Vorrichtung kann man zeigen, daß auch die Ladung des Kondensators oszillatorisch erfolgt; nur ist die Schaltung einigermaßen zu verändern. Zu diesem Zwecke sei auf die oben erwähnte Abhandlung von Ruhmer hingewiesen.

Um den Kondensator nicht immer aus dem Funkeninduktor herausnehmen zu müssen, verschaffte ich mir einen Ausschalter, der mit Klemmen versehen ist, so daß man eventuell noch einen zweiten Kondensator parallel einschalten kann. Dies ist aber für den oben erwähnten Versuch nicht nötig, ja es genügt sogar ein noch kleinerer Kondensator. Zwei solche Kondensatoren habe ich mir billig verschafft. Ein aus 210 paraffinierten halben Bogen gewöhnlichen Papieres und 210 Stanniolblättern hergestellter Kondensator (70 Folien üblicher Größe wurden in 3 Teile geschnitten) hat ca. 3 MF Kapazität. Als Selbstinduktion benütze ich eine große Spule mit 480 Windungen dicken isolierten Kupferdrahtes, welche 30 cm lang ist und deren innerer Durchmesser 4,5 cm beträgt. In die Spule paßt entweder ein voller oder

fein unterteilter Eisenkern. Die Anschaffung einer so großen Spule wie auch der oben erwähnten Kondensatoren ist wegen ihrer vielseitigen Verwendung sehr zu empfehlen, wie im folgenden ersichtlich wird. Übrigens kann man jede andere Spule von kleinem Widerstand (ohne Eisenkern) benützen.

Vergrößert man die Selbstinduktion, so kann man schön beobachten, wie sich die einzelnen Bilder im Spiegel voneinander entfernen, d. h., wie sich die Schwingungsdauer vergrößert. Schiebt man den Eisenkern langsam in die Spule hinein, so verkleinert sich schnell die Anzahl der Bilder und ihre Helligkeit nimmt ab; denn die große Spule mit unterteiltem Eisenkern dämpft die Schwingungen bedeutend, oder unterdrückt sie auch gänzlich. Auch die Pole der Spektralröhre erscheinen nicht mehr gleich. Dasselbe erzielt man durch Einschalten eines Widerstandes mittels des Rheostaten. Durch diesen Versuch wird auch leicht die Wirkung der Drosselspule dargestellt. Vergrößert man die Kapazität durch Parallelschalten weiterer Kondensatoren, so entfernen sich die Bilder laut der Thomsonschen Formel wiederum voneinander; gleichzeitig gewinnen sie an Helligkeit, da die Stromintensität jetzt größer geworden ist.

Es folgen nun einige Versuche, die mit dem bisher Gesagten zusammenhängen. Mit dem Kondensator des Funkeninduktors kann auch die pfeifende Bogenlampe vorgeführt werden, welche der dänische Ingenieur Poulsen[7]) zu Zwecken der drahtlosen Telegraphie verwendete. Die Schaltung ist in Fig. 3 skizziert. Die Spannung möge mindestens 100 Volt betragen; T ist die oben erwähnte Drosselspule, die dazu dient, daß sich die Kondensatorschwingungen nur durch den Lichtbogen O und nicht durch die Stromquelle D ausgleichen. Die Stromintensität muß gering, der Lichtbogen kurz und beide Kohlen homogen sein. Mit der Änderung von L und C ändert sich auch die Tonhöhe.

Fig. 3.

Mit diesen ungedämpften Oszillationen kann man den Funkeninduktor speisen. Die Schaltung ist dieselbe wie bei der Fig. 3, nur ist anstatt L die Primärspule des Funkeninduktors zu setzen. Je größer der Kondensator ist, desto besser fällt der Versuch aus. Der Funke ist warm, singt und zerfällt durch Anblasen in viele einzelne Funken. Schließt man der Sekundärspule zwei nahe vertikale, etwas auseinanderlaufende Drähte an, so läuft der Funke hinauf, bis er verlischt und bildet sich unten von neuem. Durch diesen Versuch wird der Hörnerblitzableiter erklärt.

Ferner können die schönen Versuche von Elihu Thomson[8]) vorgeführt werden, wenn auch in kleinerem Maßstabe, als es üblich ist. Die Verbindung der Apparate ist wiederum dieselbe wie bei Fig. 3; L bedeutet die Thomsonsche Spule; sie darf nicht zu groß sein, damit sie die Kondensatorschwingungen nicht unterdrücke. Ich benütze eine Spule aus starkem Kupferdraht in 4 Lagen zu je 30 Windungen, der Kern hat 28 cm Länge und besteht aus feinen isolierten Eisendrähten. Die Abstoßungsversuche gelingen sehr gut; es erscheint mir jedoch für die Mittelschule wichtiger, daß sich mit dieser Vorrichtung das Prinzip des Transformators leicht erklären läßt, namentlich da, wo kein Wechselstrom zur Verfügung steht. Ein Kupferring erhitzt sich stark, und in einem hohlen Kupferringe, der mit einem zugespitzten Glasröhrchen versehen ist, verdampft der Äther so kräftig, daß bei der Entzündung eine hohe Flamme entsteht, die sich bisweilen selbst ausbläst; nimmt man hingegen eine Sekundärspule mit vielen Windungen, so entstehen induzierte Ströme von so großer Spannung, daß sie eine angeschlossene Glühlampe zum Leuchten bringen. Ein hinzugefügter Kupferring dämpft die Ströme bedeutend und die Lampe erlischt.

---

[7]) Poulsen, Elektrotechn. Zeitschr. 27, 1906.

[8]) Peukert, Elektrotechn. Zeitschr. 27, 1906.

Auch die sprechende Bogenlampe[9]) kann mit denselben Apparaten vorgeführt werden; man benötigt jedoch hierzu noch ein gutes Mikrophon mit einer großen Induktionsspule. Der Lichtbogen muß lang sein, je länger, desto besser; deshalb verwende man beide Kohlen imprägniert, wie sie bei Flammenbogenlampen gebraucht werden. Ich benütze ein gutes Kohlenkörnermikrophon, das zu den Apparaten zur Demonstration des lautsprechenden Telephons gehört und von Max Kohl geliefert wurde. Eine Anordnung, die guten Erfolg hatte, ist die Duddelsche, wie die Fig. 4 zeigt. Die Mikrophonbatterie B hat ca. 8 Volt Spannung.

Fig. 4.

Außer diesen Versuchen kann die große Spule als kräftiger Elektromagnet, als Magnetisierungsspule, als magnetische Windblasevorrichtung und zur Drehung der Polarisationsebene verwendet werden. Über die mannigfaltige Benützung der Paraffinkondensatoren wurde in dieser Zeitschrift bereits geschrieben[10]).

Kleine Mitteilungen.

Ein Thermoelement für die Grundversuche mit Thermoströmen.

Von Prof. Dr. **W. Merkelbach** in Kassel.

Zur Erzeugung von Thermoströmen sind bekanntlich die Wismut-Antimonelemente die wirksamsten. Wenn trotzdem im vorletzten Jahrgang dieser Zeitschrift (vgl. M. Wunder, Bd. 24, S. 224, und Weiss, Bd. 24, S. 344) nur solche aus andern Metallen empfohlen worden sind, so hängt dies, wie dort schon hervorgehoben ist, damit zusammen, daß die Lötstellen der Wismut-Antimonelemente kein starkes Erhitzen vertragen. Die in den physikalischen Sammlungen vorhandenen „thermoelektrischen Rechtecke", die Wismut enthalten, pflegen an den Lötstellen durchgeschmolzen zu sein, weil das Wismut in Berührung mit dem Blei-Zinnlot eine besonders leicht schmelzbare Legierung bildet. Daher werden in den genannten Aufsätzen Thermoelemente aus schwerer schmelzbaren und hartgelöteten Metallen, die eine starke Temperaturerhöhung vertragen, vorgezogen.

Diesen Thermoelementen gegenüber hat das Wismut-Antimonelement einen Vorteil: es lassen sich damit verhältnismäßig bequem auch die durch Abkühlung der Lötstellen entstehenden Ströme entgegengesetzter Richtung nachweisen, während die bei den andern Thermoelementen erforderliche starke Abkühlung praktisch große Schwierigkeiten macht.

(1/6 n. Gr.)

Der in der Figur abgebildete Apparat, der die Grundversuche über Thermoelektrizität einfach und übersichtlich anzustellen gestattet, verwendet ein Wismut-Antimonelement, bei welchem die Lötstelle durch heißes Wasser erwärmt wird und so vor dem Schmelzen gesichert ist. Für seine Dauerhaftigkeit spricht, daß das von mir hergestellte bei mehr als zehnjährigem Gebrauch unverändert geblieben ist.

Das eigentliche Thermoelement besteht aus zwei aus Wismut und Antimon gegossenen Platten ($4 \times 2 \times 1/2$ cm). Die Platten wurden mit der Feile an den Enden

[9]) Simon, Physikal. Zeitschr. **7**, 1906.
[10]) H. Lüdtke, diese Zeitschr. **22**, 3.

abgeschrägt, dort verzinnt und aneinandergelötet, so daß das Thermoelement die Form eines **V** besitzt. Mit Hilfe des Lötkolbens ist vor allem dafür zu sorgen, daß die von den Platten gebildete Fuge mit Lot gut ausgefüllt ist. An den freien Enden der Platten ist der aus 4 mm dickem Kupferdraht gebildete Stromleiter angelötet, der zunächst horizontal verläuft, dann aber die Form eines vertikal stehenden Bügels hat. Er wird von einer Stütze mit senkrechtem Einschnitt getragen. Innerhalb des Bügels befindet sich eine der früher (Heft III S. 166, vgl. S. 247) beschriebenen Demonstrationsmagnetnadeln. Die Drehungsachse ist eine in ein Holzstäbchen eingelassene feine Nadel.

Die Lötstelle des Thermoelements wird erwärmt, indem man in einem der in Eisenwarenhandlungen käuflichen verzinnten Eisenblechlöffel Wasser zum Sieden bringt und den Löffel so unter die Lötstelle schiebt, daß letztere in das siedende Wasser eintaucht. Die Nadel gibt dann sofort einen starken Ausschlag, der, wenn die Nadel zur Ruhe gekommen ist, gegen 60° beträgt. Aus dem Sinn der Nadeldrehung läßt sich leicht die Stromrichtung bestimmen. Um ein Urteil über die Stärke des entstandenen Stromes zu erhalten, befestigte ich am Leitungsdraht des Thermoelements mittels eines Fadens einen isolierten Kupferdraht, der also genau die Form des Bügels annahm. Durch diesen Draht konnte ich einen regulierbaren Strom senden. Ich fand, daß ein Strom von etwas über 2 Amp. den vorher angegebenen Ausschlag erzeugte. Diese trotz der geringen Spannung des Thermoelements erhaltene Stromstärke ist natürlich durch den außerordentlich kleinen Widerstand unseres Stromkreises bedingt.

Legt man ein Stückchen Eis in die Fuge der zuvor auf gewöhnliche Zimmertemperatur gebrachten Lötstelle und berührt zugleich die untere Kante mit Eis, so erhält man einen Ausschlag der Nadel in entgegengesetzter Richtung von etwa 25°. Der Ausschlag wird fast ebenso groß, wenn man die Lötstelle mit einem lockeren Baumwollfaden mehrfach umwickelt, mit Äther befeuchtet und einen schwachen Luftstrom darauf richtet.

Über die Demonstration der Anziehung und Abstoßung elektrischer Ströme.

Von Prof. **St. Kalinowski** in Warschau.

Gewöhnlich benutzt man zu diesem Zwecke Apparate, die zwar die Tatsache der Anziehung oder Abstoßung deutlich vorführen, die aber nichts davon zeigen, daß die Anziehung eben bei den gleichgerichteten und die Abstoßung bei den entgegengerichteten Strömen stattfindet. Ich möchte deshalb auf folgende einfache Anordnung aufmerksam machen, die ich in meinen Vorlesungen benutze.

Zwei isolierte 1 mm starke Drähte sind so gewickelt, wie es die Abbildung darstellt. Die Drähte bilden zwei doppelte Windungen von ca. 6,5 cm Durchmesser, die sich in einem Abstande von ungefähr 5 cm voneinander befinden. Je zwei Enden jedes Drahtes werden in kleine, mit Quecksilber gefüllte Bohrungen eines Holzbrettes eingetaucht, so daß sich eine Art von zwei Pendeln bildet, wobei die Mitte der Windungen sich in einer Entfernung von ca. 50 cm von der Drehachse befindet. Das Holzbrett mit den Bohrungen dient als Stromschlüssel, dem Strome in den Windungen läßt sich leicht die gleiche oder die entgegengesetzte Richtung geben. Nach dem Schließen des Stromes ziehen sich die Windungen an bzw. stoßen sich ab, und in dieser Hinsicht ist alles dem wohlbekannten Apparat nach Buff ähnlich.

Es handelt sich aber um etwas anderes. Man bringt die Ebenen beider Windungen ungefähr in die Richtung des magnetischen Meridians und stellt in einer Entfernung von ca. 8—12 cm symmetrisch zu beiden Windungen eine magnetische Nadel auf. Wenn nun der Strom in den Windungen die gleiche Richtung hat, so wird die Nadel aus ihrer Lage abgelenkt und stellt sich quer zu der anfänglichen

Richtung — gleichzeitig konstatiert man die Anziehung der Drähte. Wird der Strom in den beiden Windungen entgegengerichtet, so daß Abstoßung stattfindet, so bleibt die Nadel unabgelenkt, weil sich jetzt die magnetischen Wirkungen der beiden Windungen aufheben. Es wird also deutlich bewiesen, daß die Anziehung bei den gleichgerichteten und die Abstoßung bei den entgegengerichteten Strömen vorkommt.

Die ideelle Symmetrie in der Lage der Nadel wird natürlich kaum erreicht. Eine etwas ungleiche Ablenkung der Drähte aus ihrer normalen Lage ruft im ersten Momente gewisse Schwankungen der Nadel hervor, was besonders in dem Falle, wenn die Nadel stehen bleiben soll, störend wirkt. Bei gewisser Übung läßt sich durch einfaches Verschieben der Nadel in passender Richtung diese Störung vermeiden. Ich bediene mich mit einer Nadel von ca. 5 cm Länge. Die Stromstärke beträgt ca. 20 Ampere.

Man kann auch die Nadel zwischen den Windungen so stellen, daß die Spitze, auf welcher sie ruht, sich in einer geraden Linie mit den Mitten der Windungen befindet. Die störende Wirkung der Dissymetrie ist aber dann etwas größer und die Regulierung umständlicher.

Die ganze Einrichtung ist zu groß, um im gewöhnlichen Sinne des Wortes projiziert zu werden. Es läßt sich aber ihr Schatten auf einen Schirm werfen, und dadurch kann das Experiment auch in einem großen Saale vor mehreren hundert Personen vorgeführt werden, wie ich es ausprobiert habe.

Es sei bei der Gelegenheit bemerkt, daß man sich gewöhnlich beim Experimentieren die „Schattenmethode“ zu wenig benutzt. Sehr oft ist diese Methode zweckmäßiger und führt leichter zum Ziele als die eigentliche Projektionsmethode.

Physikalisches Laboratorium des Landwirtschaft- und Industrie-Museums.

Über wandernde elektrische Entladungen.

Von Dr. **H. Greinacher**, Privatdozent in Zürich.

Allgemein bekannt und im praktischen Gebrauch ist der sogenannte Hörnerblitzableiter (Fig 1). Zwei starke Drähte sind hörnerartig umgebogen und so montiert, daß sie unten in kleinem Abstand (wenige Millimeter) einander gegenüberstehen, während die Hörner nach oben auseinandergehen. Wird auf irgendeine Art ein Lichtbogen an der engsten Stelle gezündet, so wandert dieser selbsttätig nach oben und erlischt an den Hörnern automatisch.

Man kann dies Wandern des Lichtbogens sehr schön beobachten, wenn man eine solche Vorrichtung mit den Polen eines Induktoriums verbindet. Das Induktorium kann dabei mit unterbrochenem Gleichstrom oder einfach mit Wechselstrom gespeist sein. Da hier die Stromstärke des Lichtbogens nur klein ist, so wandert der Bogen so langsam, daß man ihn mit den Augen verfolgen kann. An den Hörnern angekommen, löscht er aus, um im selben Moment unten von neuem zu zünden. Die Dauer dieser periodischen Erscheinung beträgt etwa eine Sekunde.

Besonders schön ist das einfache Experiment mit einer fertigen Demonstrationsröhre, wie sie von der Glasinstrumentenfabrik Emil Gundelach in Gehlberg (Thüringen) geliefert wird. Hier sind die Hörner in einem passenden Glasgefäß montiert (Fig. 2). Bei dieser Röhre läßt sich leicht auch die Stickstoffoxydation durch den Lichtbogen demonstrieren. Schon nach kurzer Zeit wird der Gasinhalt durch intensive Bildung von Stickstoffdioxyd lebhaft gebräunt. Auch beobachtet man, daß der obere Rand des Lichtbogens einen braunen Saum besitzt.

Fig. 1.

Fig. 2.

Besonders interessant und farbenprächtig wird die Erscheinung, wenn man die Luft etwa durch eine Wasserstrahlpumpe allmählich auspumpt. Der Lichtbogen enthüllt dann seinen diskontinuierlichen Charakter. Glänzend ist das Experiment, wenn das Induktorium mit Wechselstrom (etwa von 50 Perioden) gespeist wird. Dann löst sich der Lichtbogen in lauter Einzelentladungen auf, die abwechselnd an den beiden Drähten ansetzen und mit Behendigkeit in die Höhe klettern. Oben löscht die Erscheinung und beginnt alsobald wieder unten. Obwohl ein Aufstieg nicht länger dauert als etwa $^1/_2$ Sekunde, ist es mir gelungen, einzelne Perioden direkt zu photographieren. Fig. 3 und 4 geben zwei Aufnahmen wieder. Der Gasdruck betrug

Fig. 3.

Fig. 4

ca. 7 cm Quecksilber bei beiden Aufnahmen. Nur war die verwendete Stromstärke bei Fig. 3 10 Milliampere, bei Fig. 4 hingegen 20 Milliampere. Man sieht sehr deutlich die Ansatzstellen des anodischen Glimmlichts und die kürzeren und längeren Zacken des eigentlichen negativen Glimmlichts. In Wirklichkeit ist die Erscheinung noch überaus prächtiger. Einmal die intensiven roten und blauen Farben und dann das leb-

hafte Spiel der wandernden Einzelentladungen. Die Erscheinung ist je nach dem Gasdruck etwas verschieden. Am schönsten ist sie bei oben genanntem Drucke. Solche fertigen Röhren, die passend dimensioniert und evakuiert sind, liefert Gundelach ebenfalls (s. Fig. 5).

Zu erwähnen bleibt, daß die Röhren sehr gut auch mit Induktor und Wehneltunterbrecher funktionieren. Eine damit aufgenommene Photographie ist in meiner ausführlichen Arbeit (Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft 15, S. 123, 1913) wiedergegeben. Es läßt sich auf diese Weise sehr leicht die Regelmäßigkeit von Unterbrechungen kontrollieren; auch kann man die Unterbrechungszahl bestimmen. Ganz allgemein können die „Serienentladungsröhren“ zur Bestimmung kleiner Zeiten benutzt werden.

Will man z. B. etwa die Belichtungszeit eines photographischen Momentverschlusses prüfen, so braucht man nur das Bild einer solchen Röhre auf der Mattscheibe zu beobachten. Sieht man beim Funktionieren des Momentverschlusses etwa 9 Zacken (Einzelentladungen der Röhre), so war das Objektiv 0,09 Sekunde geöffnet. Beträgt doch die Zeit zwischen zwei aufeinanderfolgenden Zacken $^1/_{100}$ Sekunde, vorausgesetzt: Wechselstrom von 50 Perioden.

Fig. 5.

Immerhin mögen solche kleinen Anwendungen nur nebenbei erwähnt sein, da die neuen Röhren wohl hauptsächlich durch ihre aparte Wirkungsweise allgemein Freude machen dürften.

Die Bereitung von Phosphorwasserstoff beim Unterricht, nebst Bemerkungen über das Irrlicht.

Von **H. Rebenstorff** in Dresden.

Bei der großen Wichtigkeit des Vermeidens von Gefahren beim experimentellen Unterricht möchte ich meinem Aufsatze in *d. Zeitschr. XXV, 230: Explosionsmöglichkeiten bei Versuchen mit Wasserstoff* noch einige ergänzende Bemerkungen nachschicken: Es wurde u. a. berichtet, daß gerade das zur Verhütung von Explosionen des Gemisches von Phosphorwasserstoff und Luft vielfach empfohlene vorherige Füllen des Entwicklerkolbens mit Wasserstoff einmal eine Explosion hervorrief, die leicht schlimme Folgen hätte haben können. Zur Aufhebung dieser bisher nicht bekannten Gefahr wurde dann ein einfaches Hilfsmittel angegeben. Man braucht nur in den Gasstrom vor dem Entwicklerkolben eine mit Kalilauge versehene Waschflasche vorzuschalten, während zunächst sich im Kolben nur etwas Wasser über den Phosphorstückchen befindet. Sobald dann die Luft im Kolben durch Wasserstoff ersetzt ist, kehrt man die zwischen den Schläuchen befindliche Waschflasche mit dem Boden aufwärts, so daß die Lauge in den Kolben fließt. Hierauf wird die Wasserstoffzufuhr abgestellt.

Mit diesen Ausführungen sollte aber keineswegs die unbedingte Notwendigkeit eines vorherigen Füllens des Entwicklergefäßes mit sauerstofffreiem Gase behauptet werden. Trotzdem die allbekannte einfache Bereitungsart von Phosphorwasserstoff in kleinem Kölbchen — der Vorsicht wegen bei späterem Abschließen seiner Mündung — in neueren Experimentierbüchern überhaupt fehlt, so macht man doch wohl allermeist den Versuch ohne vorheriges Füllen mit Wasserstoff. Vielleicht wären auch sonst ähnliche Explosionen wie die beschriebene früher bekannt geworden. Es ist dankenswert, daß Löwenhardt (d. Zeitschr. *XXV, 368*) und neuerdings Bissinger (*XXVI, 126*) das einfache Verfahren ausdrücklich empfehlen, hoffentlich mit der Wirkung, daß es auch wieder in den Experimentierbüchern zu Ehren kommt. Be-

schrieb doch Dammer die Bereitung des Gases ähnlich so vor Jahrzehnten sogar in dem bekannten Knaben-Experimentierbuch (2. Aufl. 1876, S. 331).

Nur wenn man, wie der Verfasser es seinerzeit vorhatte, das Gas in etwas größerer Menge und nicht — wegen des Schäumens der Kalilauge — recht langsam entwickeln will, dann möchte man das mit der beschriebenen Abänderung ungefährliche Verfahren des vorherigen Füllens des größer zu wählenden Kolbens mit Wasserstoff stets bevorzugen. Die an der Mündung des noch nicht fest verschlossenen Kolbens sonst auftretende, nunmehr zentimetergroße Flamme setzt auch leicht den Kork in Brand, und nicht ganz geschickte Hände möchten dabei mit dem Einpressen des Korkes ihre Not haben.

Die frühere oder spätere Entwicklung von Phosphorwasserstoff beim Stehen von Phosphor in Kalilauge bei gelinder Wärme hängt von der Oberflächenbeschaffenheit des Phosphors ab. Befanden sich die Stücke lange im Wasser der Vorratflasche, so sind sie bekanntlich nicht so reaktiv. Besonders wenn der Phosphor aber unter der Lauge nach einiger Dauer der Entwicklung im Kölbchen bleibt, kann man auch bei Zimmerwärme einen langsamen Fortschritt der Gasentstehung an den winzigen Entzündungen beobachten, die dann wochenlang von Zeit zu Zeit sichtbar und hörbar sind.

Auch beim einfachen bloßen Gebrauch des Kölbchens (nach Löwenhardt zu 125 ccm, nach Dammer zu 60 ccm) müssen natürlich die noch verbleibenden Gefahren beachtet werden. Auf die Verwendung eines Sandbades weisen beide Autoren hin. Die Benutzung von heißem Wasser zum Durchperlen des aus weitem Glasrohr aufsteigenden Gases hat den Nachteil, daß die Wärme die Luft über dem Wasser unruhig macht und das Auftreten formschöner Ringe hindert.

Ebenso unvollständig wie ohne das einfache Verfahren der Verwendung kleiner Kolben wären Versuchsbeschreibungen über das selbstentzündliche Gas, wenn nicht auch die Benutzung von Phosphorcalcium empfohlen würde, mit dem Zusatze der leichten Herstellbarkeit desselben aus Phosphor und dem jetzt erhältlichen pulverigen Calciummetall nach Ohmann (d. Zeitschr. *XIX*, *87*).

Schließlich sei noch bemerkt, daß die Vorführung von Phosphorwasserstoff eigentlich wirkungsvoller wird, wenn die Selbstentzündlichkeit nicht schon beim Vorbereiten des Versuchs und beim Abschließen des Kölbchens mehr oder weniger deutlich bekannt wird, sondern erst dann auf einmal in die Erscheinung tritt, wenn die erste Blase des genügend rein herandringenden Gases mit dem leichten Knalle aufblitzt.

Wer, vielleicht durch die Schüler selbst angeregt, an die schöne Demonstration des selbstentzündlichen Gases einige Bemerkungen über die heikle Frage der Irrlichter anschließt, berührt damit ja freilich keinen für die Klassenprüfung geeigneten Gegenstand und handelt der einst so stark betonten Vorschrift entgegen, daß Unentschiedenes nicht in den Unterricht gehöre. In unseren Zeiten des biologischen Denkens kann jene Vorschrift aber nicht mehr gelten, und vereinzelt sollten doch Gelegenheiten benutzt werden, die das Entstehen irriger Wahrnehmungen und Meinungen einmal vor Augen führen. Einzelne Schüler wissen vielleicht bestimmt anzugeben, daß hier oder dort ein Irrlicht tatsächlich gesehen wurde. Vor einiger Zeit waren wieder diese zweifelhaften Gebilde von deutschen Ballonfahrern über den Rokitnosümpfen in Westrußland bemerkt worden. Manche solcher vermeintlichen Beobachtungen der Erscheinung sind jedenfalls dem „Stäbchensehen“ Lummers zuzuschreiben, dem Wahrnehmen und Verschwinden von schwachen Reflexen, die nicht mit dem gelben Fleck bemerkt werden können. Ganz zweifelhaft an der Ansicht, daß es keine Irrlichter gäbe, wird man aber beim Lesen der von Pfaundler gegebenen Beschreibung (Müller-Pouillet, *Lehrbuch der Physik*, *9. Aufl.*, *II*, *2*, *S. 760*). Sollten aber nicht genau so diese schwach leuchtenden Gase aus einem Sumpfe emportreten können, wo vor einiger Zeit jemand, etwa ein jugendlicher Experimentator,

etwas gelben Phosphor fortgeworfen hatte, der besonders an warmen Tagen die im Gekräut des seichten Gewässers zurückgehaltenen Mengen von Sumpfgas mit reinem Dampfe versah. Gase, die mit Phosphor in Berührung waren, phosphoreszieren, wo sie an die Luft treten (vgl. das Referat über Versuche von Hans Schmidt *ds. Zeitschr. XXVI, 185*). Vielleicht macht man einmal in einer geeigneten Örtlichkeit hiervon die Probe[1]).

Für die Praxis.

Zur Implosion Weinhold-Dewarscher Gefäße. Von **Hans Schimank** in Berlin-Schöneberg. Auf Grund mehrjähriger eigener Erfahrungen wollte ich den sehr zutreffenden Ausführungen des Herrn Prof. Ohmann im dritten Heft dieses Jahres (S. 170) noch einiges hinzufügen. Wie dort mit Recht hervorgehoben wird, ist der obere Rand der Gefäße der temperaturempfindlichste Teil, weil dort die innere und äußere Wandung miteinander verblasen sind und demzufolge Stellen von sehr verschiedener Stärke oft nahe beieinander liegen. Daß gerade dort bei plötzlichen größeren Temperatursprüngen starke Spannungen entstehen, die leicht zur Zertrümmerung des Gefäßes führen können, leuchtet ohne weiteres ein. Vielfach sucht man sich durch Metallkappen zu schützen, die nach innen und außen über den oberen Teil der Gefäße reichen, bzw. man bestreicht sie mit Metallbronze. Es ist nicht zu leugnen, daß diese Vorkehrungen in vielen Fällen ihren Zweck erfüllen und durch Wärmeleitung einen raschen Temperaturausgleich vermitteln und so ein Springen des Glases verhüten. Wirklich zuverlässig ist diese Maßregel jedoch nicht. Am besten schützt man sich immer noch dadurch, daß man sorgfältig darauf achtet, daß kein Tropfen flüssiger Luft auf den Rand der Dewars spritzt. Besonders ist daher auch ein zu rasches Eintauchen irgend welcher Versuchsanordnungen in die flüssige Luft, die sich schon in dem Gefäße befindet, zu vermeiden. Infolge des Leidenfrostschen Phänomens tritt hierbei häufig ein starkes Aufsieden der Luft ein, und die aufspritzenden Tropfen können dabei leicht genug den empfindlichen Rand treffen. Man habe daher beim Eintauchen etwas Geduld und senke den betreffenden Körper langsam nach und nach ein.

Das vorherige Ausschwenken mit Alkohol wird zwar vielfach empfohlen, man läuft aber auch keine größere Gefahr, daß das Dewar springt, wenn man zunächst eine kleine Menge flüssiger Luft einfüllt und mit dieser umschwenkt.

Übrigens hat es den Anschein, daß vielbenutzte Gefäße mit der Zeit einer Art Altersschwäche verfallen. Ich hatte mehrfach Gelegenheit, zu beobachten, wie Dewargefäße, die bereits mit flüssiger Luft gefüllt waren, ohne ersichtliche äußere Ursache plötzlich sprangen. Besonders gefährlich pflegen aber diese Implosionen nicht zu sein, selbst wenn einem das Gefäß direkt unter den Händen springt. Dies gilt aber nicht von Implosionen starkwandiger Glasflaschen. Wie Herr Prof. von Wartenberg mir gelegentlich mitteilte, war er selbst Zeuge, wie eine starkwandige Glasflasche, die luftleer gepumpt war, zersprang, und dabei den Tisch durchschlug, auf welchem sie stand.

Will man die flüssige Luft nach Anstellung der Versuche aus dem Dewargefäße wieder entfernen, so stellt man sich am einfachsten aus einem starken Draht und Schreibpapier einen Schöpflöffel her und füllt mittels eines Papiertrichters die Luft in die Transportflasche zurück. Dabei ist der Trichter so zu halten oder anzubringen, daß er die Wandung des Gefäßes nirgends berührt. Den letzten Rest gießt man dann mit einem kurzen Ruck aus.

---

[1]) Ausführliches über als Irrlichter erklärte Erscheinungen bietet: H. Fornaschon im *Archiv der Naturfreunde in Mecklenburg, 1894, S. 32 und 1899, S. 34.*

Beim Ankauf von Dewargefäßen achte man darauf, daß der obere Rand ein möglichst gleichmäßiges Aussehen hat. Erfahrungsgemäß springen Gefäße, die in dieser Beziehung schlecht gearbeitet sind, leichter als andere, die keine solche Fehler aufweisen. Für die weitaus meisten Zwecke — wofern nicht die Gefäße unversilbert, also durchsichtig sein sollen — bilden die Thermosflaschen ein ebenso billiges wie ausreichendes Material, schützen vor allem auch bei etwaigen Implosionen gegen das seitliche Herumfliegen von Sprengstücken. Zu vermeiden ist auch die abwechselnde Verwendung ein und desselben Dewars für Kältemischungen, die Eisstücke enthalten, und flüssige Luft.

Beim Arbeiten mit flüssigem Wasserstoff ist wegen dessen guter Wärmeleitfähigkeit die Gefahr des Zerspringens weitaus geringer, so daß man diesen beispielsweise ohne großes Risiko über den Rand ausgießen kann. Hiermit dürfte wohl alles Wesentliche über die Handhabung von Dewargefäßen gesagt sein.

Zeitmessung durch Abhören an der Taschenuhr. Von H. Rebenstorff in Dresden. Als Ersatz der Stoppuhr für die Bestimmung kurzer Zeitgrößen ist der Sekundenzeiger einer Taschenuhr am besten so verwendbar, daß sich zwei Beobachter vereinen, indem der eine im wesentlichen nur den Zeitmesser abliest, der andere aber, je nach den Umständen, einen oder beide Endpunkte der Zeitstrecke durch einen kurzen Zuruf angibt. Auch dann treten infolge Ungewohnheit des schnellen Bestimmens der jeweiligen Zeigerstellung Unsicherheiten auf. Macht man die zu messende Zeit durch Aufpochen auf den Tisch zu Anfang und Ende hörbar, so bringen doch die Schüler nach ihrer Taschenuhr recht verschiedene Sekundenzahlen heraus.

Nun ist seit geraumer Zeit bekannt (Verfasser hat es zuerst in Donaths Physikalischem Spielbuch gefunden), daß eine gewöhnliche Taschenuhr im Tempo von Fünftelsekunden tickt. Wenn man daher nach der ans Ohr gehaltenen Uhr in der Reihe 0, 1, 2, 3, 4, 5, 1, 2, ... leise mitzählt, so gibt die Anzahl der Fünfen die Zahl der Sekunden an. Man kann diese zur Erleichterung des gleichzeitigen Abzählens mit dem Bleistift auf Papier markieren, oder auch bei kurzen Zeiten mit den Fingern der anderen Hand abzählen; die überschießenden Fünftel können daneben bemerkt werden.

In der Praxis ist jedoch diese Zeitmessung eine kleine Glanzleistung für scharfe Sinne und besonders strenge Beschränkung der Aufmerksamkeit. Das Fünfertempo wird dem Zählenden nicht recht geläufig; und diese Zeitbestimmung hat sich daher auch wohl nicht eingebürgert.

Viel leichter wird die Sache, wenn man hingegen im Tempo 0, 1, 2, 3, 4, 1, 2 ... hinhört, und die Vierergruppen gesondert zählt. Das Vierertempo ist man schon vom Marschieren her mehr gewohnt. Der Versuch zeigt, daß es jedem sofort gelingt, von den fünf leisen Schlägen der Uhr pro Sekunde je vier zusammenzufassen und gleich diese Gruppen mit 0, 1, 2, 3 ... abzuzählen. Die Fünftel kann man beim Fortfallen des sonst ja auch ganz schnell nötigen Mitzählens ebenfalls feststellen. Die Probe macht jeder leicht an seiner Taschenuhr oder am Chronoskop. Da die einzelne Gruppe von vier Tickgeräuschen jetzt $^4/_5$ Sekunden dauert, so kommen auf die Minute 75 Gruppen.

Sobald der Sekundenzeiger einen neuen Kreislauf beginnt, bringt man die Uhr schnell ans Ohr. Nach 4 Schlägen zählt man eins, und so immer fort. Kurz vor 75 (also bei $74^3/_4$) bringt man das Zifferblatt schnell wieder in die Schweite, und der Zeiger wird im nächsten Augenblicke wieder unweigerlich durch die Anfangsstellung gehen. Erst dieses Abzählen nach Vierfünftelsekunden macht die Taschenuhr zu einem bequemen Ersatz der Stoppuhr. Die erhaltene Zahl ergibt nach Abziehen von einem Fünftel ihres Wertes die Zeit in Sekunden.

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Ein messender Versuch über die Abhängigkeit der Siedetemperatur vom Druck. *School Science and Mathematics, April 1913.* (Ohne Angabe des Verfassers.) Ein bekannter Versuch wird in einer bisher wohl noch nicht bekannten Weise ausgewertet. Ein runder Glaskolben von mittlerer Größe wird durch einen Kautschukstopfen verschlossen, der mit zwei Bohrungen für ein Thermometer und ein zweimal rechtwinklig gebogenes Glasrohr versehen ist. Das abwärts gerichtete Stück des Rohrs ist etwa 1 m lang und trägt in den Abständen 5 cm und 10 cm vom Ende eingeritzte Marken. Man bringt das Wasser zum Sieden, und zwar so lange, bis man sicher sein kann, daß alle Luft ausgeblieben ist. Man liest den Barometerstand und die Temperatur des siedenden Wassers ab. Darauf taucht man das untere Ende des Rohres in ein mit Quecksilber gefülltes Probierglas bis zur Tiefe von 5 cm, und sobald das Wasser wieder siedet und die Temperatur konstant geworden ist, liest man Temperatur und Druck ab; dies wiederholt man, nachdem man das Rohr 10 cm tief eingetaucht hat.

Nunmehr entfernt man das Probierglas, gießt das Quecksilber in ein kleines Becherglas und taucht, sobald das Wasser von neuem kräftig siedet, das Ende des Rohres in das Quecksilber ein, indem man gleichzeitig die Flamme entfernt. Das Wasser fährt fort zu sieden und das Quecksilber steigt in dem Rohr langsam in die Höhe, während sich auf ihm eine an Höhe zunehmende Wasserschicht kondensiert. Man macht nun in kurzen Intervallen folgende Ablesungen: Temperatur, Quecksilberhöhe und Länge der Wassersäule. Nach einiger Zeit muß man den Kolben mit etwas kaltem Wasser übergießen, um das darin befindliche Wasser zum Sieden zu bringen. Dies setzt man fort, solange das Wasser noch zum Sieden gebracht werden kann.

Bei den ersten Versuchen ist der Druck gemessen durch den Barometerstand plus der Tiefe, bis zu der das Rohr in das Quecksilber tauchte; bei der zweiten Versuchsreihe erhält man den resultierenden Druck, indem man die Quecksilberhöhe um $^1/_{13,6}$ der Wassersäule vermehrt und diese Summe vom Barometerstand abzieht. Man trägt alle Daten in eine Tabelle ein und stellt den Zusammenhang graphisch dar. *P.*

Das Gefrieren von Wasser im Vakuum. Von E. Cominotto. (*Il Nuovo Cimento, Aprile 1913.*) Der übliche Luftpumpenversuch läßt sich in folgender Weise mit sehr augenfälligem Erfolg anstellen. Man nimmt ein zylindrisches Glasgefäß von etwa 15 cm Höhe und 6 cm Durchmesser, teilt es durch eine bis etwa zur Mitte hineingezwängte Korkscheibe von 15 mm Dicke in zwei Teile und bringt auf die Scheibe eine Wasserschicht von etwa 1 cm Höhe. Man stellt dann das Gefäß zusammen mit einer Schale, die etwas Schwefelsäure enthält, unter eine Rezipientenglocke und pumpt den Raum luftleer mit Hilfe einer elektrisch betriebenen Gaedepumpe. In 8 Minuten beginnt das Wasser zu gefrieren und in einer halben Stunde ist die ganze Wasserschicht in eine Eisscheibe verwandelt. Dies Resultat kommt dadurch zustande, daß während des Auspumpens die Luft aus dem unteren Teil des Gefäßes durch die Korkscheibe hindurch entweicht, und, indem sie in Blasen durch das Wasser hindurchtritt, dessen Verdunstung verstärkt. Der Verfasser glaubt, daß dieser Versuch sich auch in größerem Maßstabe mit gutem Erfolge wiederholen läßt, besonders wenn man die Schwefelsäure wie in der Cassé-schen Eismaschine in Bewegung erhält. *P.*

Versuche mit unbrauchbar gewordenen Glühlampen. G. Faber beschreibt im Württembergischen Schulblatt (nach der Zeitschr. f. Lehrmittelwesen 1913, Nr. 2) außer den schon bekannten Versuchen noch den folgenden. Man fülle die Birne, indem man die Spitze unter Wasser abknipst, mit Wasser. Schraubt man nun die so gefüllte Birne in das Gewinde einer elektrischen Lampe in hängender Stellung ein und schaltet den Strom ein, so steigen an den beiden Elek-

troden Gasbläschen auf, während eine entsprechende Wassermenge aus der Öffnung abtropft. Bei Gleichstrom beobachtet man auch, daß die Gasmenge an dem einen Pol doppelt so groß ist, wie am andern. Mit dem angesammtelten Knallgas weiter zu experimentieren, dürfte sich nur bei großer Vorsicht empfehlen.

2. Forschungen und Ergebnisse.

Die scheinbare Form des Himmelsgewölbes und die scheinbare Größe der Gestirne und Sternbilder. Von W. Filehne (*Deutsche Revue 1912, Heft 11 und 12*). Aus dem interessanten Aufsatz seien die Grundgedanken hier mitgeteilt. Aus den Wahrnehmungen des Gesichtssinnes entwickeln sich unter Mitwirkung des Tastsinnes die „optischen Vorstellungen" von einer äußeren Wirklichkeit. Durch Abtasten, Hingreifen, Abschreiten usw. lernt das Kind (oder der blindgeborene, aber durch Operation sehend gewordene Erwachsene) das Netzhautbild perspektivisch ausdeuten. Da für die nächste Umgebung die Gesichtswahrnehmungen immer wieder durch den Tastsinn kontrolliert worden sind, haben wir hier gelernt, Entfernungen und Objektgrößen nach allen Richtungen (oben, unten, vorn, hinten, nach den Seiten) „richtig" wahrzunehmen. Werden z. B. auf einer durch unsern Fußpunkt gezogenen horizontalen Geraden von diesem aus Strecken von Körpergröße (etwa 1,6 m) abgetragen, dann erscheinen uns etwa die ersten 8 Strecken, obgleich die Sehwinkel nacheinander 45°, $18\frac{1}{2}$°, 8°, $4\frac{1}{2}$°, $2\frac{3}{4}$°, $1\frac{5}{6}$°, $1\frac{1}{2}$°, 1° betragen, gleich groß, weil sie tatsächlich gleich groß sind. Das gleiche gilt für eine an der Zimmerdecke durch den senkrecht über dem Scheitel liegenden Punkt gezogene Gerade. Auch erscheint uns ein Mensch in etwa 10 m Abstand nicht kleiner als in 3 m Abstand. Bei der Ausdeutung des Nahbildes helfen uns das zweiäugige stereoskopische Sehen, die Akkomodation für größere oder geringere Nähe, die parallaktische Verschiebung bei Bewegungen des Körpers. Diese Einrichtungen versagen aber für die Ferne. Und da hier auch die Kontrolle durch Tasten, Schreiten usw. unzulänglich ist, so sehen wir für größere Entfernungen, z. B. für etwa 50 bis 100 m, Gegenstände und Fußbodenstrecken zu klein, aber immerhin noch einigermaßen „richtig". Mit zunehmender Entfernung werden sie aber immer kleiner (so daß in 1000 m Entfernung z. B. ein Eisenbahnzug wie ein Spielzeug erscheint). Selbst wenn der Fußboden sich nach allen Seiten ins Unbegrenzte erstreckte, und die Atmosphäre vollkommen durchsichtig wäre, würde in verhältnismäßig bescheidener irdischer Entfernung unserem Sehen eine Grenze gesetzt sein, die sich beim Umherblicken als Horizontalkreis zu erkennen geben müßte, ganz so wie jetzt auf unserer sphäroidalen Erde. Das „Vertiefen", das psychologische Dehnen der Strecken wird nun am Erdboden durch Tasten, Schreiten, ja durch meilenweites Wandern gewonnen. In vertikaler Richtung aber wird infolge der mangelhaften Kontrolle durch den Tastsinn das Vertiefen in unvollkommener Weise ausgebildet und die Grenze unseres Entfernungssehens früher erreicht als in horizontaler Richtung. Hieraus folgt, daß der Himmel uns nicht als Halbkugel erscheint, sondern als Kugelsegment, dessen Höhe nur den vierten Teil des Grundkreishalbmessers beträgt. Nun sehen wir an diesem Himmel sowohl in Zenitnähe als am Horizont den Mond und die Sonne, ferner den gegenseitigen Abstand der Sterne, also auch die Sternbilder unter demselben Gesichtswinkel. Auf der Erde sind wir aber nur darauf eingeübt, Entfernungen und Größen sinnlich aufzufassen, die Sehwinkel aber nur innerhalb des „Mechanismus" des Sehens zu verwerten. Deshalb sieht der Unbefangene den Monddurchmesser nicht als Winkelbogen von 31′, sondern in einer bestimmten gegenständlichen Größe. Da nun der Himmel in horizontaler Richtung uns ungefähr 4 mal so weit entfernt erscheint als in vertikaler, so werden wir den Monddurchmesser und natürlich auch jedes Sternbild am Horizont etwa für 4 mal so groß halten als in Zenitnähe. Diese „optischen Täuschungen" sind keine Urteilstäuschungen, da sie nicht durch einen besonderen, in der Zeit ablaufenden Denkprozeß hervorgebracht werden; sie verdanken ihr Entstehen vielmehr psychologischen, mit dem Ursprung des räumlichen Sehens zusammenhängenden Motiven. Der hierbei ablaufende psychologische Prozeß und die „Mechanisierung" der darauf beruhenden Vorstellung läßt sich bei Betrachtung eines Landschaftsbildes näher verfolgen. Das auf der Netzhaut von einem Gemälde (oder einer Photographie) entworfenene Abbild entspricht genau demjenigen, das wir von der wirklichen Landschaft erhalten hätten, wenn wir sie von dem Punkte aus betrachteten,

von dem aus der Maler sie aufgenommen hatte. Verschieden ist nun bei den verschiedenen Menschen die Gabe, die perspektivische Vertiefung solcher gemalter Landschaften im Bewußtsein zu vollziehen. Dies beruht auf der mehr oder weniger großen Schwierigkeit, von der umgebenden Räumlichkeit zu abstrahieren. So ist schon die zweiäugige Wahrnehmung des Gemäldes als eines objektiv in dem Zimmer vorhandenen Gegenstandes störend. Der perspektivische Eindruck wird von vielen instinktiv erreicht, indem sie das eine Auge schließen. Andere blenden sich die reale Umgebung dadurch ab, daß sie eine Hand zu einer Röhre krümmen und durch diese das Gemälde betrachten. Hat man sich nun auf solche Art von einer langgestreckten mehr oder weniger breiten Fläche im Hintergrund, z. B. einer Wiese, einen perspektivischen Eindruck verschafft, und betrachtet man dann unter Wiederbeachtung des wirklichen Raumes und unter Aufgabe der perspektivischen Vertiefung den objektiven Fleck auf dem Bilde, den dort die Wiese einnimmt, so ist man erstaunt, wie klein dies Fleckchen im Vergleich zu jener nachgeschaffenen Wiese ist. Wenn man dieses Fleckchen für sich allein betrachtet, indem man alles übrige mit einem indifferenten Materiale zudeckt, so ist man nicht oder kaum imstande, es wieder zu einer „Wiese“ zu dehnen. Um psychologisch diese Dehnung des kleinen Fleckchens unseres Netzhautbildes bewirken zu können, bedarf es eben der Umgebung jenes Fleckchens. Je weiter von uns weg wir auf Grund der auf dem Bilde gegebenen perspektivischen Motive die durch das Fleckchen dargestellte „Wiese“ verlegen, um so größer erscheint uns die Wiese. Und sogar der „Himmel“, selbst wenn er wolkenlos gemalt ist und keine Vögel in der Luft fliegen, wird machtvoll, im organischen Zusammenhange mit dem Fußboden, den Wiesen, Baumgruppen usw. vertieft, gedehnt und wird zur Himmelskuppel. Auch an ihm werden die einzelnen Fleckchen um so mehr gedehnt, je weiter von uns in horizontaler Richtung Entferntes sie am Himmel darstellen. Und dieses Dehnen ist nicht ein durch Nachdenken gewonnener Schluß, kein Urteil, keine Schätzung, sondern eine infolge millionenfacher Lebenserfahrung mechanisierte(Zwangs-) Vorstellung, eine unmittelbar eindringliche Wirklickhkeitsanschauung, der wir nicht entrinnen können. Wenn wir anderseits nicht das Gemälde, sondern die wirkliche Landschaft vor uns haben, dann liegt die Sache ebenso; denn das auf unserer Netzhaut entworfene Bild ist genau ebenso flächenhaft wie das bei der Betrachtung der Bilder erhaltene. Betrachten wir eine 500 m entfernte Wiese, dann sehen wir sie räumlich ausgedehnt; würden wir auf unserer Netzhaut nur dieses Fleckchen abgebildet besitzen, indem wir die nächste Umgebung desselben, etwa durch Betrachtung einer Röhre, abblenden, so würde diese Wiese zusammenschrumpfen. Wer zwei gleichgute Augen hat, kann zu gleicher Zeit mit dem einen Auge den Gegenstand bei freier Betrachtung groß und mit dem andern Auge — durch das Rohr — klein sehen, und doch ist es ein und derselbe Gegenstand in ein und derselben Entfernung. Hier hilft kein Nachdenken, keine Willensanstrengung. Wenn wir nun den am Horizonte aufgehenden Vollmond erst mit freiem Auge und dann durch ein (wenn möglich im Innern angeschwärztes) Rohr betrachten, so erscheint er im letzteren Falle noch nicht halb so groß wie bei freier Betrachtung. Und wenn er etwa eine oder zwei Stunden später ein Stück über dem Horizonte steht, so erscheint im Rohre das Himmelsstück zwischen Mond und Horizontkreis etwa halb so groß wie bei freiem Auge; der Mond selber aber erfährt jetzt durch die Rohrbetrachtung eine unverkennbar geringere Verkleinerung als vorher beim Aufgange, und je höher er steigt, um so geringer wird die Verkleinerung durch das Rohr, um ganz unmerklich zu werden, sobald er die Höhe von 40 bis 50° über dem Horizonte erreicht hat. Also auch am Himmel vermindert sich die perspektivische Vertiefung, das Dehnen der — irrtümlicherweise — als perspektivisch verkürzt angesehenen „Strecken“, sobald wir vermittelst des Rohrs die umgebenden Partien abgeblendet haben.

Nun ist noch ein Punkt zu beachten. Viele Menschen, vielleicht die Mehrzahl, erklären auf Befragen, daß ihrer Erinnerung nach der aufgehende Mond ihnen näher erscheine im Vergleiche zu sonst, wo sie den Mond hoch am Himmel gesehen haben. Nach unserer Erklärung sehen wir den aufgehenden Mond deswegen größer als den hochstehenden, weil wir ihn am Horizont in eine größere Entfernung projizieren, als wenn er hoch steht. Und doch wird er näher gesehen? Ist dies nicht ein Widerspruch, der das Vorhergehende widerlegt? Keineswegs! Das Großsehen am Horizont ist eine Täuschung, die auf einer mechanisierten unmittelbaren Sehvorstellung beruht, und nicht etwa eine Urteilstäuschung. Diejenigen

aber, die den aufgehenden Vollmond für besonders nahe halten, sind sekundär einer Urteilstäuschung anheimgefallen. Wenn wir eine entferntstehende, vorher mit unbewaffnetem Auge gesehene Person durch ein Opernglas betrachten, und wenn hierdurch ihr Bild auf unserer Netzhaut größer ausfällt, so schließen wir, daß sie, weil wir sie größer sehen, näher sein müsse. Dasselbe gilt vom Monde, wenn wir ihn mit dem Opernglase betrachten. Und wo immer wir diesen unsern alten guten Bekannten vergrößert sehen, werden wir geneigt sein, in die Urteilstäuschung zu verfallen, daß wir ihn für näher halten — also auch am Horizonte. Das ändert aber nichts daran, daß wir ihn in der mechanisierten Sehvorstellung deswegen am Horizonte größer sehen als hoch am Himmel, weil wir ihn — zwangsweise — dort in eine größere Entfernung projizieren als hier. *E. T.*

Röntgenstrahlen. 1. Interferenzerscheinungen. Die Beobachtungen von Friedrich, Knipping und Laue über Interferenzerscheinungen von Röntgenstrahlen an Kristallen (d. Zeitschr. *XXVI, 47*) sind nach mancher Richtung hin erweitert worden. W. L. Bragg kam aus theoretischen Gründen zu dem Schlusse, daß die Interferenzflecke auch bei der Reflexion der Strahlen an einer Spaltfläche des Kristalls auftreten müssen[1]); namentlich bei Kristallen mit sehr ausgeprägten Spaltebenen, wie Glimmer, müßten sie sichtbar werden. Ein dünnes Bündel X-Strahlen fiel unter einem Einfallswinkel von 80° auf ein etwa 1 mm dickes Glimmerblättchen: eine photographische Platte zeigte dann vor dem Blättchen tatsächlich ganz ebensolche Flecke wie hinter dem Blättchen. Änderungen des Einfallswinkels und der Entfernung des Glimmerblättchens von der Platte ließen keinen Zweifel, daß dabei die Gesetze der Reflexion erfüllt waren. Ähnliche Beobachtungen machten C. G. Barkla und G. H. Martyn am Steinsalz[2]). Über die horizontal gestellte Spaltfläche eines Steinsalzkristalls wurde eine Vakuumröhre gebracht, die in einem Bogen eines Vertikalkreises gedreht werden konnte, dessen Zentrum ein Punkt des Kristalls war und dessen Ebene eine der drei Hauptebenen des Kristalls bildete. Fielen die Strahlen nahezu streifend auf die Kristallfläche, so erhielt man auf einer entsprechend gestellten photographischen Platte deutlich ausgeprägte Flecke; wurde das einfallende Strahlenbündel gedreht, so drehte sich das austretende Strahlenbündel in entgegengesetzter Richtung. Die Reflexion erfolgt nicht an der Oberfläche, sondern geht im Innern des Kristalls vor sich. Die Verfasser entdeckten ferner in der reflektierten Strahlung eine Reihe wohl ausgebildeter und gleich distanzierter Maxima an Stellen, die einer gleichen Zunahme von cos ϑ entsprechen (ϑ = Einfallswinkel der Strahlung), gleichsam als gäbe es eine Reihe von X-Strahlenspektren verschiedener Ordnung. Analoge Beobachtungen machten E. Hupka und W. Steinhaus bei Steinsalz und Glimmer; sie deuteten die entstehenden Streifen als Interferenzfransen. Hupka fand auch, daß die „Reflexion" nicht auf eine Wirkung der geometrischen Oberfläche, sondern auf das regelmäßige Molekülgefüge zurückzuführen ist, da eine mattierte Quarzfläche das Röntgenbündel regelmäßig, gewöhnliches Licht aber diffus zurückwarf[3]). Auch E. A. Owen und G. G. Blake fanden bei dem von der Spaltfläche eines Selenitkristalls reflektierten Bündel ein vollständiges Spektrum mit wohl definierten Linien, wobei Strahlen größerer Wellenlänge weniger abgelenkt waren als Strahlen kleinerer Wellenlänge[4]). Die Härte der Röhre beeinflußte wohl die relative Intensität der Linien, machte aber keinen Unterschied bei ihren relativen Stellungen. M. de Broglie machte Aufnahmen der bei Reflexion eines Strahlenbündels von einer Steinsalz- oder Flußspatfläche entstehenden Flecke und fand diese in elliptischen Kurven liegend[5]). Der Fleck auf der Hauptachse war regelmäßig reflektiert; die andern lagen dazu symmetrisch und beruhen möglicherweise auf Reflexion an entsprechenden Oktaeder- oder Dodekaederebenen. Am Gips fand J. Herweg deutliche Beugungsbilder, wenn ein feines Bündel Röntgenstrahlen nahezu streifend in der Ebene einer der Spaltrichtungen auf eine dünne Gipsplatte fiel. Die Beugungsbilder (zur Hälfte reflektiert, zur Hälfte hindurchgegangen) lagen auf einem Kreise, dessen Achse mit der betreffenden Spaltrichtung zusammenfiel[6]).

W. L. und W. H. Bragg gelang es, die reflektierte Strahlung auch durch ihre

[1]) Nature **90**, 410 (1912).

[2]) Nature **90**, 435 (1912); 647 (1913).

[3]) Verh. d. Deutschen Phys. Ges. **15**, 162, 369 (1913).

[4]) Nature **91**, 135 (1913).

[5]) Nature **91**, 161 (1913).

[6]) Phys. Zeitschr. **14**, 417 (1913).

Ionisationswirkung festzustellen. Bei einem Glimmerblättchen und einem sehr engen Strahlenbündel konnte man mit einer Ionisationskammer der Bewegung des reflektierten Flecks folgen, während das spiegelnde Blättchen gedreht wurde. Sie fanden die Interferenzmaxima bei drei bestimmten Winkeln, die sich von Kristall zu Kristall änderten, aber stets demselben Strahlungstypus entsprachen, und führten diese Erscheinung auf monochromatische, der Platinantikathode eigentümliche Wellen des primären Strahlenbündels zurück[7]). H. Moseley und C. G. Darwin fanden sogar fünf derartige Typen monochromatischer Strahlung, deren Reflexion bei bestimmten Winkeln erfolgte, während eine gleichzeitige unhomogene Strahlung bei allen Einfallswinkeln reflektiert wurde. Die Strahlen hatten auch nach der Reflexion den Charakter echter Röntgenstrahlen. Als Reflektoren dienten hier Steinsalz, Selenit und Ferrocyankalium; die Strahlen fielen fast streifend auf eine von Helium umgebene geladene Metallplatte und wurden durch ihre Ionisationswirkung mit dem Elektrometer beobachtet[8]).

T. Terada fand, daß die von Kristallen durchgelassene Strahlung mit Hilfe eines gewöhnlichen Fluoreszenzschirms sichtbar gemacht werden kann, wenn man nur ein genügend breites Strahlenbündel benutzt und die Kristalle hinreichend durchsichtig sind[9]). In dieser Weise konnten die Interferenzflecke mit 4—10 mm dicken Platten von Borax, Aluminium, Glimmer, Flußspat, Steinsalz, Bergkristall, Zuckerkant beobachtet werden.

Eine ausführliche Theorie der von ihm beobachteten Erscheinungen hat Laue gegeben[10]). Die von dem primären Strahlenbündel getroffenen Kristallmoleküle werden zu Schwingungszentren, von denen miteinander interferierende Wellen ausgehen; der Kristall erscheint hiernach wie ein dreidimensionales Beugungsgitter. Laue setzt den Anfang des Koordinatensystems in die Mitte eines beliebigen Atoms des durchstrahlten Kristalls; das Raumgitter besteht dann aus Elementarparallelepipeden, deren Knoten in dem allgemeinsten Falle des triklinen Systems beliebige Winkel miteinander bilden. Für das reguläre System sind diese Winkel Rechte; der Verf. verlegt für diesen Fall die z-Achse in die Richtung der einfallenden Primärstrahlen, die x-y-Achsen in eine dazu senkrechte Ebene. Die Bedingungen für die Interferenzmaxima in der x-y-Ebene entsprechen denen des Kreuzgitterspektrums und liegen im Schnittpunkt von Hyperbeln; die Bedingung der z-Richtung ergibt Kreise, deren Mittelpunkt der Durchstoßungspunkt der Primärstrahlen ist. Die Kreise wählen aus den Kreuzgitterspektren diejenigen aus, die einem von ihnen hinreichend naheliegen, d. h., man wird auf der photographischen Platte die Kreise nicht ganz, sondern nur in einzelnen Punkten vertreten sehen. Diesen Eindruck erhält man in der Tat aus allen Aufnahmen. Bei der experimentellen Prüfung der Theorie benutzten Friedrich und Knipping hauptsächlich eine senkrecht zur optischen Achse geschnittene Platte von Zinkblende, die auf optischem Wege genau justiert wurde. Standen die Primärstrahlen senkrecht zur Würfelfläche, so besaßen die Flecke eine vierzählige Symmetrie, standen sie senkrecht zu einer Oktaeder- oder Rhombendodekaederfläche, so erhielt man die Flecke in drei- bzw. zweizähliger Symmetrie. Bei Drehung des Kristalls um den primären Strahl drehte sich das Bild auf der Platte mit; eine Steigung des Kristalls um 3^0 ergab eine entsprechende Verschiebung der Flecke. Ähnliches zeigten Versuche mit Kupfervitriol, Steinsalz, Diamant. Zur quantitativen Prüfung der Theorie benutzte Laue die mit Zinksulfid angestellten Versuche. Die Gitterkonstante ließ sich aus dem Molekulargewicht, der Dichte und der Zahl der Moleküle im Grammmolekül berechnen und ergab $8{,}53 \cdot 10^{-8}$ cm. Laue bestimmte die Koordinaten der Maxima und konstruierte diese auf Koordinatenpapier; ihre ausgemessene Lage erwies sich als in Übereinstimmung mit dem photographischen Bilde. Die Wellenlängen der verschiedenen Interferenzringe lagen zwischen $1{,}54 \cdot 10^{-8}$ und $3{,}34 \cdot 10^{-9}$ cm. Die Sondererscheinung länglicher Striche in den Helligkeitsmaximen führen Laue und Tank auf einen, durch die wechselnde Entfernung der Antikathode vom Kristall veranlaßten Einfluß der Krümmung der einfallenden Wellen zurück.

Eine Erweiterung der Laueschen Theorie gab G. Wulff, indem er die Kristallröntgenogramme mit dem Raumgitter des Kristalls in einen einfachen Zusammenhang brachte und

---

[7]) Nature **90**, 572 (1913); Proc. Roy. Soc. **88**, 428 (1913).

[8]) Nature **90**, 594 (1913); Phil. Mag. **26**, 210 (1913).

[9]) Nature **91**, 135, 213 (1913).

[10]) Berichte der Königl. Bayerischen Akademie 1912, S. 303, 363; Annalen der Physik **41**, 971, 989, 1003 (1913).

sie zu einer stereographischen Projektion des Kristalls benutzte[11]). Er zeigte auch, daß die Braggschen Reflexionen sich durch dieselbe Theorie darstellen lassen; die Kristallmoleküle senden eben nach allen Seiten miteinander interferierende Wellen aus. Zu ähnlichen Ergebnissen wie Wulff gelangte auch Friedel[12]). Eine hiervon völlig abweichende Theorie der Erscheinungen hat J. Stark entwickelt[13]). Er denkt sich in den Kristallen atomerfüllte und atomleere Reihen („Kristallschächte"); die Röntgenstrahlen nimmt er als elektromagnetisch empfindliche Korpuskeln, deren Absorption und Zerstreuung in der Richtung der Schächte leichter als in anderen Richtungen erfolgt. Die Braggschen Beobachtungen über Reflexion führten ihn dazu, die selektive Zerstreuung der Strahlen an ausgezeichneten Ebenen in den Vordergrund zu rücken. In einer Kritik der Starkschen Theorie zeigte M. Laue, daß seine Röntgenogramme jenen Annahmen nicht entsprechen, namentlich sei deren Änderung bei Drehung des Kristalls nicht rein geometrisch durch Drehung der Kristallschächte zu erklären. Auch die wegen der Braggschen Beobachtungen anzunehmende Spiegelung an dicht mit Atomen besetzten Ebenen läßt sich aus der Interferenztheorie erklären, ohne daß man mit Mandelstam und Rohmann anzunehmen braucht, daß diese Ebenen wirklich als Spaltflächen im Kristall auftreten müssen[14]). Bemerkenswert sind auch die theoretischen Ausführungen von P. P. Ewald, welche die gleichen Gedanken wie die Laues, nur in etwas allgemeinerer Form, enthalten[15]).

Die bei Kristallen beobachteten Interferenzerscheinungen der Röntgenstrahlen hat W. Friedrich auch an amorphen Körpern bemerkt[16]). Ein enges, 1 mm Querschnitt habendes Bündel kräftiger Röntgenstrahlen durchsetzte ein 3 mm dickes Scheibchen Klebwachs; man erhielt dann auf einer photographischen Platte nach einer Exposition von 2000 Milliampereminuten ein Bild, das aus einem von den Primärstrahlen erzeugten schwarzen Kreis bestand, der in einigem Abstande von mehreren konzentrischen Beugungsringen umgeben war. Bei anderen Körpern, wie Kanadabalsam, Paraffin, Paraffinöl, Bernstein und Meerschaum, wurden ebenfalls Andeutungen von Ringen oder ein allmählicher Abfall der Schwärzung festgestellt. Die ganze Erscheinung war durchaus analog der Art, wie Licht durch ein trübes Medium zerstreut wird, ähnlich Beugungsringen, wie sie an behauchten Glasplatten auftreten, oder den Höfen um Sonne und Mond. Der Durchmesser der beugenden Teilchen beträgt hierbei das etwa 10- bis 100fache der Wellenlänge der auffallenden Strahlen. Nimmt man als beugende Teilchen Atome von der Größenordnung 10^{-8} cm, so würde dem gleichen Verhältnis eine Wellenlänge der auffallenden Röntgenstrahlung von 10^{-9} cm entsprechen. Die Erscheinung wurde erheblich beeinflußt durch die Zusammensetzung der Primärstrahlen, indem eine Eisenantikathode ein völlig anderes Beugungsbild ergab als eine Antikathode aus platinplatiertem Nickelblech. Bei Kristallen konnte ein derartiger Einfluß niemals bemerkt werden. Auch durch rein mechanische Veränderungen des beugenden Körpers wurde das Beugungsbild beeinflußt; wurde das Klebwachs im Schraubstock einseitig zusammengepreßt, so erfolgte senkrecht zur Druckrichtung eine Auslöschung der Ringe.

2. Sekundärstrahlen. Ein von Röntgenstrahlen getroffener Körper kann zweierlei Arten von Sekundärstrahlen aussenden. Die eine Art bilden die zerstreuten (scattered) Strahlen; sie sind von derselben durchdringenden Kraft wie die Primärstrahlen. Die zweite Art bilden die Eigen-(Fluoreszenz-) Strahlen, deren Eigenschaften von der Substanz und nicht von den Primärstrahlen abhängen; sie werden nur von einer Primärstrahlung erzeugt, die härter ist als sie selbst. A. Sommerfeld bezeichnet die zerstreute Strahlung als ein durch die Primärstrahlung hervorgerufenes erzwungenes Mitschwingen der Elektronen in der getroffenen Substanz, die Eigenstrahlung als die von den Primärstrahlen angeregten freien Schwingungen der Elektronen, als ihre Eigenschwingungen in dem betreffenden Material[17]). Sind I_α und I_{90} die Intensitäten der Sekundärstrahlung in Richtungen, die mit der Primärstrahlung die Winkel α^0 und 90^0 bilden, so ist nach Barkla für zerstreute Stahlen I_α/I_{90} im allgemeinen $= 1 + \cos^2\alpha$, für Eigenstrahlen nach allen Richtungen $= 1$. Die zer-

[11]) Phys. Zeitschr. **14**, 217 (1913).

[12]) Compt. rend. **156**, 1676 (1913).

[13]) Phys. Zeitschr. **13**, 973 (1912); **14**, 319 (1913).

[14]) Phys. Zeitschr. **14**, 220, 421 (1913).

[15]) Phys. Zeitschr. **14**, 465 (1913).

[16]) Phys. Zeitschr. **14**, 317 (1913).

[17]) Die Naturwissenschaften **1**, 705 (1913).

streute Strahlung erhält man rein nur von einer leichteren Substanz, wie Kohle oder Paraffin; doch fand H. Pealing bei Kohle ziemlich verschiedene Sekundärstrahlengruppen, je nach der Härte der primären Strahlung[18]). Bei weichen Primärstrahlen gab es eine zerstreute und eine noch weichere „Extra"-Strahlung; bei harten Primärstrahlen gab es außerdem aber auch noch eine harte Eigenstrahlung. Sadler und Mesham ließen die homogene Eigenstrahlung von Metallen auf Kohle fallen und untersuchten die so erhaltene Tertiärstrahlung[19]). Diese zeigte sich weicher als die erregende Strahlung; je härter letztere. um so größer war die Intensität und die Änderung der zerstreuten Strahlung. Die Eigenstrahlung fand man merklich nur bei Substanzen mit einem Atomgewicht größer als 30. J. C. Chapman untersuchte speziell noch die Stoffe mit sehr hohem Atomgewicht (Wolfram, Gold, Platin, Blei, Wismut, Thor, Uran) und fand, daß die Absorptionskoeffizienten der Eigenstrahlung für Aluminium auch hier ebenso von den Atomgewichten abhängen wie bei den früher untersuchten Stoffen von mittlerem Atomgewicht[20]). Der Mechanismus der Strahlung dürfte hiernach bei allen diesen Substanzen derselbe sein. Chapman benutzte die Sekundärstrahlung der Kohle bei der Untersuchung, ob vielleicht magnetisiertes Eisen, Quarz oder Zuckerlösung imstande sind, die Polarisationsebenen der Röntgenstrahlen zu drehen[21]). Als Maß der Polarisation sollte dabei das Intensitätsverhältnis der horizontalen zur vertikalen Tertiärstrahlung dienen, wenn Kohle sowohl als tertiärer wie als sekundärer Radiator diente. War dieses Verhältnis = 1, so gab es keine Polarisation, wurde es größer, um so größer mußte die Polarisation des Strahlenbündels sein. Alle drei Substanzen zeigten keine Änderung jenes Verhältnisses, also keine Drehung der Polarisationsebene. Eisen absorbierte ein polarisiertes Bündel in gleicher Weise, mochte es magnetisiert oder nicht magnetisiert sein. Ebenso war die Absorption durch parallel zur Achse geschnittenes Turmalin unabhängig von der Stellung der Achse zur Polarisationsebene der Röntgenstrahlen.

Eine objektive Demonstration der sekundären Eigenstrahlung verschiedener Körper läßt sich nach W. Kaufmann in folgender Weise anstellen[22]). Die Röntgenröhre, deren Glaswand der Antikathode gegenüber möglichst dünn sein muß, sendet die Strahlen durch das mit schwarzem Papier überklebte Loch L der Bleiwand BB eines Holzkastens, sie treffen dabei auf den Sekundärstrahler M. Die von diesem kommenden Sekundärstrahlen treffen dann auf den Leuchtschirm SS, der bei L eine Öffnung hat und von Primärstrahlen nicht getroffen werden kann. Zur Beobachtung wird das Auge auf die Pappröhre R gedrückt. Die Sekundärstrahler bestehen aus kleinen Blechstücken (von Al, Fe, Cu, Zn, Ag, Sn, Pt, Pb), die auf einer verschiebbaren Holzleiste befestigt sind. Pumpt man die Röhre, während der Induktor in Gang ist, langsam aus, so beginnen bei etwa 12000 Volt und 3—4 mm Parallelfunkenstrecke die Metalle Fe, Cu, Zn. bei 6 mm Funkenstrecke Ag und Sn, bei 5-6 mm Pt und Pb, bei 10 mm Al den Schirm aufzuhellen. Ein auf den Schirm geklebtes dünnes Glimmerblatt läßt die Abnahme der Absorption der Strahlung mit wachsendem Atomgewicht der emittierenden Substanz erkennen.

Die von den Metallen ausgesandten Sekundärstrahlen hat Owen in einigen Gasen, CO_2, SO_2, und Luft untersucht und gefunden, daß die Absorption der fünften Potenz des Atomgewichts des emittierenden Metalls proportional sei[23]). W. Kaufmann glaubt aus seinen Beobachtungen schließen zu müssen, daß dieses Gesetz allgemeine Gültigkeit für jeden absorbierenden Körper hat, dessen Atomgewicht außerhalb der Reihe der in Betracht gezogenen emittierenden Substanzen liegt.

[18]) Phil. Mag. 24, 765 (1912).
[19]) Phil. Mag. 24, 138 (1912).
[20]) Proc. of the Royal Soc. 86, 439; Naturw. Rundsch. 27, 540 (1912).
[21]) Phil. Mag. 25, 792 (1913).
[22]) Physik. Zeitschr. 14, 387 (1913).
[23]) Proc. Roy. Soc. 88, 426 (1912).

Die sekundäre Eigenstrahlung der Körper benutzten Barkla und Martyn zu einer Untersuchung der Beziehungen zwischen der photographischen Wirkung und der Absorbierbarkeit (bzw. Wellenlänge) der Strahlung[24]). Ein Bündel der Eigenstrahlung einer Substanz gelangte durch die Öffnung eines Bleischirms auf die in schwarzes Papier gehüllte photographische Platte; ein anderes Bündel derselben Strahlung traf auf ein Elektroskop. Photographische und elektrische Wirkung dauerten so lange, bis die Ablenkung des Elektroskops einen bestimmten Wert erreicht hatte. Dann wurde die strahlende Substanz durch eine andere ersetzt und der gleiche Versuch gemacht. Nach Entwicklung der Platten zeigte es sich, daß die verschiedenen Strahlungen nicht die gleiche photographische Wirkung hervorgerufen hatten. Durch Vergleich der einzelnen Aufnahmen mit einem „photographischen Keil“ erhält man ein Maß für die relative Intensität der photographischen Wirkung bei gleicher Luftionisation. Die Verff. untersuchten so die Eigenstrahlung von *Mn*, *Cu*, *Zn*, *Br*, *Mo*, *Ag*, *Sn*, *Sb*, *J*, *C*. Die relativen photographischen Intensitäten standen etwa im umgekehrten Verhältnis zur Absorbierbarkeit der betreffenden Strahlung. Um ein Maß für die „Wellenlänge“ der verschiedenen Strahlungen zu erhalten, benutzten die Verff. nach Wien die auf der Quantentheorie beruhende Formel $\frac{1}{2} m v^2 = h \cdot n$, wo m und v Masse und Geschwindigkeit eines Elektrons, p das Plancksche Energiequantum $6{,}55 \cdot 10^{-27}$, n die Schwingungszahl bedeuten[25]). Nimmt man nach Whiddington die Maximalgeschwindigkeit der Elektronen, die von einer Substanz vom Atomgewicht $\mathfrak{w}$ durch Eigenstrahlung ausgeht $= \mathfrak{w} \cdot 10^8$ cm/sec, so erhält man nach einer Korrektion für h die „Wellenlänge“ $\lambda =$ ca. $0{,}38 \cdot 10^{-4}\, \mathfrak{w}^2$ cm. Da die lichtempfindliche Schicht eine Bromsilberemulsion ist, so war die Bestimmung von λ für Br und Ag von besonderem Interesse; es ergab sich $\lambda_{Br} = 0{,}59 \cdot 10^{-8}$, $\lambda_{Ag} = 0{,}33 \cdot 10^{-8}$ cm. Die graphische Darstellung der photographischen Wirkung J als Funktion der so erhaltenen λ ergab, daß J für lange und kurze λ nahezu konstant ist, nur bei λ_{Ag} und bei λ_{Br} stark anwächst. Die Absorptionskurve der Strahlung in Bromsilber hat ganz dieselbe Gestalt. Wahrscheinlich wird man auch die Wirkung der andern Elemente zeigen können, wenn man deren Salze der Emulsion zufügt.

3. Zur Röntgentechnik. Um die Röntgenstrahlen sichtbar zu machen, brauchte man bisher feste, unter dem Einfluß der Strahlen fluoreszierende Substanzen. Wie St. Landau und H. Piwnikiewicz fanden, zeigt auch Quecksilberdampf eine Lumineszenzwirkung der Strahlen[26]). Ein Glaskölbchen, das etwas Quecksilber enthielt, wurde evakuiert, erwärmt und den Röntgenstrahlen ausgesetzt; man bemerkte dann ein ziemlich intensives bläulichgrünes Leuchten, das beim Abkühlen des Dampfes aufhörte. Wurde die Röhre mit Quecksilber mit Hilfe eines elektrischen Ofens erhitzt und die Lumineszenz photometrisch gemessen, so zeigte sich deren Intensität mit der Temperatur stark ansteigend. Besondere Versuche ergaben, daß diese Zunahme der Lichtintensität aber nicht auf die Temperatur, sondern auf die Zunahme der Dampfdichte zu schieben ist. Durch beigemischte fremde Gase wurde die Lumineszenz geschwächt; das ausgesandte Spektrum war kontinuierlich.

Die Zeitdauer einer Röntgenaufnahme konnte F. Dessauer noch weiter verkürzen[27]). Dazu diente ein Induktorium, dessen Eisenquerschnitt sehr groß war, mit dem sehr starke Einzelinduktionen erzeugt werden konnten. Um die hierzu nötigen, sehr starken Ströme aus gewöhnlichen Netzen ohne Schädigung herausnehmen zu können, mußte die Zeit der Stromentnahme zwangsweise abgekürzt werden. Das geschah durch Einschalten eines feinen Metalldrahts, der sich im Innern eines dichten Körpers, einer „Patrone“, befand. Bei sehr hoher Stromstärke geht ein solcher Draht sofort in den gasförmigen Zustand über; das entstehende Gas kann aber nicht entweichen, und bei dem hohen Drucke erfolgt die Unterbrechung sofort. Nach einer Untersuchung von Déguisne mit dem Siemens-Oszillographen ist hier $^4/_{100}$ Sekunden nach der Einschaltung der Primärstrom und mit ihm das Magnetfeld auf das Maximum gestiegen, und in wenig mehr als $^1/_{1000}$ Sek. wird der Strom von mehr als 250 Amp. auf Null unterbrochen. Der ganze Vorgang vom Beginn des Stromschlusses bis zum Aufhören des Sekundärstromes und der vollständigen Entmagnetisierung dauert etwa $^6/_{100}$ Sekunden. Mit einem solchen Induktorium kann man in einer Sekunde etwa

[24]) Phil. Mag. **25**, 296 (1913).

[25]) Vgl. Sommerfeld, Die Naturwissenschaften **1**, 710 (1913).

[26]) Phys. Zeitschr. **14**, 381 (1913).

[27]) Phys. Zeitschr. **13**, 1101 (1912).

16 Aufnahmen machen und erhält dadurch deutliche Phasenbilder des Herzens, der Lunge, der Verdauungsbewegungen, des Schluckaktes. Für den raschen Wechsel der photographischen Platten wurde eine besondere Maschine konstruiert, in der die Platten durch eine Pendelbewegung in die richtige Lage gebracht wurden.

Für gewisse Zwecke der Röntgentechnik ist es von großer Bedeutung, sehr harte Röntgenstrahlen zu erzeugen. Das gelang Dessauer auf folgendem Wege[28]): Er ließ die aus einem Bleispalt kommenden Strahlen einer Entladungsröhre durch einen staffelförmig aufgebauten Aluminiumkörper auf eine rotierende photographische Platte fallen; die weiche Strahlung konnte dann nur die dünnen, die harte Strahlung auch die dicken Staffeln durchdringen. Aus der so erhaltenen Aufnahme zeigte sich, daß die Strahlung im Anfang des Aufleuchtens der Röhre sehr hart ist, daß sie aber gegen Ende der Emission immer weicher wird. Dessauer konstruierte nun eine Maschine, welche die Röntgenröhre beim Betrieb mit hochgespannten Entladungen eines Wechselstromtransformators nur ganz kurze Zeit im Beginn der Induktion einschaltete, so daß sich nur der überwiegend harte Teil der Strahlung ausbilden konnte. Ein derartiger Apparat wird von den Veifa-Werken in Frankfurt a. M. gebaut. *Schk.*

4. Unterricht und Methode.

Fragen des physikalischen Schulunterrichts. Von Paul Volkmann. Die vorliegende Schrift[1]) knüpft an Eindrücke an, die der Verfasser bei der Begutachtung von physikalischen Abiturientenarbeiten der Provinzen Ost- und Westpreußen gewonnen hat. Der Verfasser gesteht aber auf Grund einer im Ferienkursus 1912 veranstalteten Diskussion freimütig zu, daß solche Arbeiten kein zutreffendes Bild des physikalischen Unterrichts geben können, da die Forderungen des Examens dem Unterricht eine Verschiebung erteilen, der den Weg zu bahnen unmöglich die Aufgabe eines gesunden physikalischen Unterrichts sein könne. Um so dankbarer haben wir anzuerkennen, daß der Verfasser sich um die Würdigung und zugleich die Förderung des physikalischen Unterrichts in diesen Vorträgen aufs eingehendste bemüht hat, wenn schon wir nicht in allem mit ihm übereinstimmen. So betont er zwar mit Recht, daß Lehrpläne nur das Äußerliche des Unterrichts betreffen und auch nur äußerlich wirken können. Andererseits macht er der Unterrichtskommission der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte mit Unrecht den Vorwurf, daß sich ihre Reformvorschläge in der Richtung einer materiellen Auswahl des Lehrstoffs, also der Aufstellung eines Lehrplans, bewegt hätten; das Wesentliche an den Vorschlägen der Unterrichtskommission, soweit sie die Physik betreffen, sind die drei aufgestellten „Grundsätze“ und die daran angeschlossenen Erörterungen, während der Lehrplan nur als ein Beispiel bezeichnet ist, das zu erneuten Erwägungen über die zweckmäßigste Auswahl anregen soll.

Der erste der vier Vorträge enthält einleitende Bemerkungen über Wissenschaft und Unterricht und erörtert die Frage, ob für den Unterricht Systematisierung und Vollständigkeit anzustreben oder eine freie Einführung in ausgewählte Kapitel zu bevorzugen sei. Der Verfasser erklärt sich für die zweite Seite dieser Alternative, und ist dazu wohl durch die Beobachtung veranlaßt worden, daß im Schulunterricht vielfach die Tendenz zur Systematisierung vorherrscht. Insofern die Systematisierung zu einer stärkeren Betonung der Deduktion verleitet, als dem physikalischen Unterricht angemessen sein dürfte, wird der Widerspruch dagegen wohl als berechtigt bezeichnet werden müssen. Indessen ist System und Deduktion nicht gleichbedeutend, wie man schon aus dem Gebrauch des Worts System in der Naturgeschichte ersehen kann; es bedeutet dort eine geordnete Übersicht über die Tatsachen, und in diesem Sinne möchten wir es auch für die Physik nicht entbehren. Damit läßt sich ganz wohl die weitere Forderung des Verfassers vereinigen: „ausgewählte Kapitel aus der Geschichte der Wissenschaft zu bevorzugen; noch mehr als bisher auf reinliche Scheidung des Theoretischen und des Tatsächlichen bedacht zu sein“. Dieser zweite Punkt, auf den auch in dieser Zeitschrift des öfteren hingewiesen worden ist, erscheint besonders beachtenswert angesichts des Wan-

[28]) Phys. Zeitschr. **14**, 246 (1913).

[1]) Vier Vorträge, für den vom 7.—12. Oktober 1912 in Königsberg i. Pr. abgehaltenen Oberlehrer-Ferienkursus ausgearbeitet, sowie mit Anmerkungen und Vorwort versehen. 65 S. Leipzig, B. G. Teubner 1913. M 2,00.

dels der Anschauungen, der sich in der Physik beständig vollzieht, und den der Verfasser an drei Beispielen, der Stellung der Mechanik in der Physik, der Rolle der Atomistik und der Rolle des Lichtäthers, eingehender darlegt. Die Gründe, die der Verfasser hier vorbringt, sprechen weniger gegen eine Systematisierung des Stoffs — die ja natürlich immer nur eine dem gegenwärtigen Stande der Wissenschaft angepaßte sein kann — als gegen eine geistige Richtung, die der Verfasser als Intellektualismus bezeichnet und deren Vermeidung er für die wichtigste Aufgabe des gesamten Schulunterrichts erklärt. Für den Begriff wäre wohl eine präzisere Definition erwünscht als die auf S. 14 stehende; die Sache selbst ist in der Tat die große Gefahr jedweden Unterrichts, ihre Blüte wird durch die historische Erscheinung der Scholastik bezeichnet, aber auch die heutige Wissenschaft ist von scholastischen Anwandlungen nicht frei.[2]) Das beste Mittel dagegen wird das „Erleben“ bzw. das „Nacherleben“ der Wissenschaft sein, aber allerdings auch nur dann, wenn das Erlebte nicht mit fertig dargebotenen Begriffen verknüpft, sondern wenn die Begriffe selbst an dem Leitfaden des Wirklichen erarbeitet werden.

Im zweiten Vortrage wendet sich der Verfasser der Kausalität als einer Äußerungsform des Intellektualismus zu, und behauptet von ihr, daß sie in der Physik keine Rolle spiele. Auf diese Streitfrage einzugehen, ist bei dieser Gelegenheit nicht am Platze. Das Schulbeispiel, das der Verfasser einer Abiturientenprüfungsarbeit entnimmt, beweist nichts, da eine fehlerhafte Anwendung des Kausalbegriffs seinen richtigen Gebrauch nicht ausschließt. Auch ist es nicht zutreffend, daß sich die Ablehnung des Kausalbegriffs bereits auf Galilei zurückführen lasse; der Referent wird an einer andern Stelle[3]) nachweisen, daß dieser Begriff in dem Denken Galileis eine nicht unerhebliche Rolle spielt. Wie es bei Newton damit steht, mag noch dahingestellt bleiben. Doch sei daran erinnert, daß eine der regulae philosophandi bei Newton lautet: man solle nicht mehr Ursachen annehmen, als zur Erklärung der Erscheinungen hinreichend seien. — Des weiteren behandelt der Verfasser die Form des Intellektualismus, die er als Mathematisierung der Physik bezeichnet. (Gegen diese Gefahr wendet sich auch der zuweilen mißdeutete Grundsatz I der Unterrichtskommission.) Was mit diesem Worte gemeint ist, wird durch Abiturientenaufgaben aus der geometrischen Optik erläutert. Wir stimmen durchaus dem zusammenfassenden Urteil zu: „Gerade wo der Unterrichtsbetrieb der Schule leicht zu einer Überschätzung der deduktiven Erkenntniswege führt, und die Stärke der Mathematik in der Deduktion liegt, möchte der physikalische Schulunterricht ein willkommenes Mittel bieten: als heilsames Gegengewicht auf die induktiven Wege der Erkenntnis hinzuweisen, welche in den Naturwissenschaften eine so große Rolle spielen.“

Im dritten Vortrag behandelt der Verfasser: „numerisches Zahlenrechnen-, Logarithmentafeln, abgekürzte Dezimalbrüche“. Er bezeichnet die Physik als gerade die Disziplin unter allen Wissenschaften, „welche besonders befähigt ist, dem Zahlenrechnen in der Schule die pädagogisch höchst wertvolle hier einzunehmende Stellung anzuweisen“. Er betont, daß sich gerade im Anschluß an die Physik dem Zahlenrechnen eine Fülle von bedeutsamen Gesichtspunkten abgewinnen lasse; wichtig sei namentlich die Unterscheidung der wünschenswerten und der möglichen Genauigkeit (H. Hertz). Die Kleinheit einer Bogenminute und gar einer Bogensekunde sei den Schülern so gut wie nie geläufig, sie sei durch Demonstration an einem Instrument mit Kreisteilung oder an der Poggendorffschen Spiegelablesung zu erläutern. In betreff der Logarithmentafeln spricht sich der Verfasser für den Gebrauch vierstelliger Tafeln aus, worum sich besonders A. Schülke Verdienste erworben hat. Auf dem Gebiete des abgekürzten Rechnens sei die Ausführung einer zahlenmäßigen Aufgabe in zwei Teilen zu vollziehen, erstlich in der Feststellung der Größenordnung durch sogenannte Überschlagsrechnung, dann durch Feststellung und Errechnung der Ziffern, die in jedem Fall der Natur der Aufgabe und dem jeweilig vorliegenden Zweck entsprechen muß, niemals aber sozusagen in den Wolken schweben darf.

An die Spitze des vierten Vortrages stellt der Verfasser die These: Der physikalische Unterricht muß in beständigem Kontakt mit der ursprünglichen spezifischen Quelle der physikalischen Erkenntnis erhalten bleiben, mit der Beobachtung und dem Experiment. Dieser Kontakt darf nicht durch schul-

---

[2]) In meiner Schrift über die Zentrifugalkraft habe ich auf einen Fall dieser Art hingewiesen.

[3]) Archiv f. d. Geschichte d. Naturw. u. d. Technik, November 1913.

mäßige Überlieferungen, intellektualistische Auseinandersetzungen und mathematische Fiktionen ersetzt werden. Der Unterricht darf sich auch nicht etwa auf die Fertigkeit zuspitzen, physikalische Aufgaben zu lösen, seine Hauptbetätigung muß in der schlichten Darstellung des Tatsächlichen liegen. [Daß der Verfasser auch hier wieder die Auseinandersetzung vermeintlicher Ursachen und Gründe ablehnt, hat nur formale Bedeutung; die „realen Notwendigkeitsbeziehungen", die mit Kausalbeziehungen identisch sind, kann auch diese Auffassung nicht entbehren.] Als Beispiel für eine Behandlung des physikalischen Stoffes in seinem Sinne führt der Verfasser die Meteorologie an, wo freilich das Sehen und Beobachten gegenüber dem Erklären stark vorwiegt. Die Schwierigkeit liegt hier darin, daß Erscheinungen wie Regenbogen, Höfe um den Mond, Nebensonnen, so gut wie nie von den Schülern gemeinsam beobachtet werden können, und selbst Wolkenbildungen und Wetterlagen nur bei besonders günstigen Gelegenheiten sich zum Gegenstand des Unterrichts machen lassen — eher vielleicht noch in kleineren Städten als in der Großstadt. Geht man über die bloße Beobachtung hinaus, und will man bis zu Erklärungen gelangen, so gestaltet sich der Unterricht schwieriger, als der Verfasser sich wohl vorstellt. Auch geschichtliche Betrachtungen hält der Verfasser für wohlgeeignet, das Interesse am schlicht Tatsächlichen zu beleben; er weist auf die Galileische Fallrinne und auf die Beugungserscheinungen hin, während er andererseits die Ergebnisse der neueren und neuesten Forschung im Unterricht nur in bescheidenstem Maße verwendet wissen will. Ebenso möchte er auch die technischen Anwendungen im Unterricht nicht allzu stark unterstrichen sehen. — Auch die physikalischen Schülerübungen dienen dem unmittelbaren Erleben physikalischer Tatsachen. Der Verfasser will dem, was man die zerstreute Arbeitsweise nennt, den Vorzug geben, also wie im Hochschulpraktikum jeden Schüler (bzw. jede Gruppe) mit einer eigenen Aufgabe beschäftigen. Den „Frontübungen" sagt er nach, daß sie aller belebenden Elemente entbehren, die er im Unterricht nicht missen möchte, und daß sie eine neue Form der Scholastik schaffen; er zieht vor, unter solchen Umständen die Schülerübungen lieber ganz fallen zu lassen und sich auf den Standpunkt zu stellen, daß das jugendliche Alter für die Mehrzahl der Schüler den erfolgreichen Betrieb eines Schulpraktikums ausschließe, so daß es sich empfehle, nur mit einer beschränkten Zahl von Schülern physikalisch-praktische Übungen anzustellen. Der Verfasser stellt sich damit in scharfen Gegensatz gegen das heut immer allgemeiner werdende Bestreben, die Übungen zu allgemein verbindlichen zu machen, was freilich im Schulbetrieb nur in der Form von „Frontübungen" möglich ist. Er scheint indessen hier Anschauungen, die dem Hochschulpraktikum entnommen sind, unzulässigerweise auf das Schulpraktikum zu übertragen. Daß auch die Frontübungen, wenn erst die Kinderkrankheiten überwunden sind, ein Quell reicher Anregung und Belebung werden können, und daß gerade die gemeinsame Bearbeitung derselben Aufgabe ihre eigenen Reize und Vorzüge hat, dürfte nach den bisherigen Erfahrungen zweifellos sein. Auch der Vortrag von W. End (vgl. den folgenden Bericht) liefert ein vollgültiges Zeugnis hierfür. Daß daneben auch auf der obersten Stufe besonders befähigten und dazu geneigten Schülern Einzelaufgaben im Sinne des Verfassers und in besonderen Übungsstunden zugewiesen werden, ist hierdurch nicht ausgeschlossen; ebenso wird am Gymnasium, wo der Regel nach nur wahlfreie Übungen bestehen, das Verfahren der Einzelübungen oder ein gemischtes System mit Vorteil Anwendung finden. *P.*

Der physikalisch-chemische Unterricht an den bayrischen Realanstalten[1]**.** Einem hierüber von Oberregierungsrat Dr. W. End in München gehaltenen Vortrage entnehmen wir folgende Ausführungen: Die im Jahre 1909 vom kgl. bayrischen Ministerium herausgegebenen Anleitungen für den Unterricht in Physik und Chemie[2]) enthielten auch Anweisungen für die Einrichtung und Durchführung praktischer Schülerübungen. Aus den Berichten, die der Schulbehörde von den Fachlehrern über die Erfahrungen der letzten drei Jahre erstattet worden sind, geht hervor, daß die Übungen an sämtlichen Real- und

---

[1]) Vortrag auf der Pfingstversammlung des Vereins zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts, abgedruckt in den Unterrichtsblättern 1913, Nr. 5, ferner in den Monatsheften für den naturwissenschaftlichen Unterricht 1913, Heft 6/7. Man vgl. auch H. Hahn, Der Physikunterricht an den bayrischen Oberrealschulen und die weitere Ausgestaltung der Schülerübungen, diese Zeitschr. 21, 73, 1908.

[2]) Diese Zeitschr. 20, 331; 1907.

Oberrealschulen eingeführt sind, wenn sie auch noch teilweise unter ungünstigen räumlichen Verhältnissen stattfinden. Daß die Übungen das Verständnis und die Freude an naturwissenschaftlichem Denken und Arbeiten fördern, wird vielfach bestätigt; es ist ein frischer Zug in den Unterricht gekommen, wie immer, wenn die Schüler aus der bloß passiven Rolle des Zuhörers zu der des Mitarbeiters herangezogen werden. Zur Steigerung des Interesses trägt auch der Wetteifer bei, den das Erarbeiten des gleichen Ergebnisses bei den verschiedenen Schülern hervorbringt, während andrerseits das Gefühl, bei der Arbeit auf die Hilfe und die Redlichkeit von Genossen angewiesen zu sein, das Gemeinschaftsgefühl zwischen den Mitgliedern einer Arbeitsgruppe wesentlich stärkt. Auch die Erziehung zur Ordnung und Reinlichkeit wird namentlich von den Leitern der chemischen Übungen öfter betont.

In betreff des Unterrichtserfolges wird von einzelnen Lehrern versichert, daß das gedächtnismäßige Wissen der Schüler zurückgegangen sei; den Grund dafür erblickt man teils darin, daß die Zeit für Repetitionen durch die Übungen jetzt zu sehr beschränkt sei, teils auch in dem Umstande, daß die Schüler jetzt mehr zur Beobachtung erzogen werden. Um gleichwohl einen gewissen Grundstock von Kenntnissen zu erzielen, ist vor allem nötig, daß Übung und Unterricht aufs engste miteinander verbunden werden; dies ist am einfachsten und natürlichsten zu erreichen, wenn die Übungen als Frontübungen die Grundlage des Unterrichts bilden und immer dann abgehalten werden, wenn es der Zweck erfordert. Der Lehrer faßt nach beendigter Übung die Ergebnisse zusammen und schließt seinen Unterricht daran an, oder aber die Versuche werden zur Bestätigung der im Unterricht gezogenen Schlußfolgerungen verwandt. Experimente werden vom Lehrer nur dann gemacht, wenn sie in den Übungen nicht angestellt werden konnten. Diese Art des Unterrichts erfordert auch nur einen Unterrichtsraum, läßt sich jedoch nur in kleinen Schulen mit verhältnismäßig kleinen Klassen benützen.

Für größere Anstalten mit starken Klassen hat sich auch hier wieder gezeigt, daß eine gedeihliche Durchführung der Übungen namentlich in der Physik nur durch Teilung der Schüler für die Übungen möglich ist, so daß jede Abteilung höchstens 20 Schüler umfaßt. Da in der Regel nur ein Übungszimmer und ein Lehrzimmer vorhanden ist, so müssen die Übungen für die beiden Abteilungen auf verschiedene Zeiten gelegt werden, und können daher auch nicht immer mit dem Unterricht Hand in Hand gehen. Dies trifft namentlich bei den Anfangsklassen zu, wo die Schüler noch viel Zeit zur Durchführung der Versuche brauchen. Es ist daher der Gedanke nahegelegt, statt des Lehrsaals lieber noch ein zweites Übungszimmer einzurichten. Noch haftet die Schule an dem alten und nicht mehr zeitgemäßen Glauben, daß Arbeitsplatz und Schulbank, Unterrichtszimmer und Laboratorium getrennte Dinge sein müßten. Richtet man an jeder Schule zwei Übungsräume ein, so ergibt sich eine viel größere Beweglichkeit und die Möglichkeit, die geeignetste Lehrmethode durchzuführen.

Auch bei Aufstellung des Stundenplans muß der Grundsatz der größtmöglichen Beweglichkeit eingehalten werden. Die Anfangsklassen der Unter- wie der Oberstufe verlangen ein reichliches Maß von Übungsstunden, also etwa $^2/_3$ der zur Verfügung stehenden Zeit für die Übungen, $^1/_3$ für den Unterricht; in den anderen Klassen können die Übungen etwas zurücktreten. Wo 2 Stunden auf Übungen verwandt werden, liegt es nahe, Doppelstunden dafür anzusetzen, doch zieht man in einer ziemlich großen Anzahl von Fällen Einzelstunden vor, in denen die Übungen dann allerdings sparsamster Ausnutzung der Zeit und sorgfältigster Vorbereitung bedürfen. Manche Anstalten legen die Übungen in Physik und Chemie hintereinander, so daß die Abteilungen in jedem dieser Fächer miteinander abwechseln können. Doch hat auch dieses Verfahren den Nachteil, daß es den beteiligten Lehrern schwer möglich ist, statt der Übungsstunde eine Unterrichtsstunde anzusetzen, oder umgekehrt, wenn es der Gang des Unterrichts wünschenswert macht. Wie aber auch der Stundenplan eingerichtet wird, oberster Grundsatz sollte sein, möglichst freie Beweglichkeit zwischen Übung und Unterricht herzustellen.

In der Chemie gestaltet sich die Verteilung der Stunden einfacher, da hier auch größere Teilnehmerzahlen zulässig sind und nicht zu starke Klassen ungeteilt bleiben können. Auch in der Physik hat man versucht, bei Übungen, die keine genauen Messungen, aber längere Beobachtungsreihen an einfachen Apparaten erfordern, größere Klassen ungeteilt zu lassen und die Übungen im Lehrzimmer selbst vorzunehmen.

Obwohl durch das neue Verfahren der Lehrstoff stark beschränkt wird, soll im Schüler

doch ein Bild des ganzen Gebiets entstehen, so daß nicht größere Gebiete in kleinere zusammenhanglose Stücke gerissen werden. Es ist daher am Schlusse eines Abschnitts und gegen Ende des Schuljahres eine Zusammenfassung unter möglichst einheitlichem Gesichtspunkt und eine weise Beschränkung in der Zahl der Übungen notwendig.

Was die Ausführung der Übungen selbst betrifft, so werden sie, wie schon erwähnt, durchweg als Frontübungen ausgeführt; nur für die oberste Klasse werden auch Einzelübungen an feineren Apparaten befürwortet. In der Physik üben die Schüler paarweise zusammen. Die Bildung von Gruppen, die mehr als 2 Schüler umfassen, hat sich als untunlich erwiesen. Das Zusammenschließen der Schüler zu einer Gruppe wird ihrer freien Wahl überlassen. In der Chemie erscheint es vorteilhafter, die Schüler einzeln zu beschäftigen.

Der Verlauf der Übung ist etwa folgender: Der Lehrer stellt die Aufgabe, die aus dem Unterricht selbst hervorgehen muß, und bespricht, wenn nötig, den Arbeitsplan. Während der Übung läßt der Lehrer die Schüler möglichst selbständig arbeiten und greift nur dann ein, wenn Ungeschicklichkeit den Erfolg der Arbeit gefährdet. Eine Besprechung der Schüler einer Gruppe unter sich ist selbstverständlich zu gestatten, aber auch mit Schülern anderer Gruppen kann eine Verständigung erlaubt werden. Die Ergebnisse werden zunächst — meist tabellarisch — in ein Heftchen notiert; diese Aufschreibung dient als Grundlage der unerläßlichen Besprechung, auf Grund deren schließlich eine kurze, schriftliche Ausarbeitung erfolgt.

Diese Ausarbeitung, die zu Hause zu geschehen hat, wird als einer der wichtigsten Punkte der ganzen Übung von sämtlichen Lehrern verlangt. Sie soll unter Vermeidung alles Nebensächlichen einen kurzen, klaren Bericht über die Übung, Skizzen der benützten Übungsgeräte und die notwendigen Tabellen (wenn möglich, auch graphische) enthalten. Die Anfertigung dieser Berichte bereitet erfahrungsgemäß am Anfang den Schülern große Schwierigkeiten, namentlich die Unterscheidung des Haupt- und Nebensächlichen, ist aber zugleich eine ausgezeichnete Schulung für eine kurze, knappe und klare Ausdrucksweise. Gewarnt muß davor werden, mehr als die Skizzen der Geräte zu verlangen, die Schüler verwenden sonst auf die Ausführung der Zeichnungen (auch des Nebensächlichen) eine unverhältnismäßig hohe Zeit. Dagegen kann die sorgfältige Zeichnung von Übungs- und Demonstrationsapparaten Gegenstand des technischen Zeichnens sein.

Ein gut geführtes und vom Lehrer durchgesehenes Übungsheft bildet für den Schüler eine vorzügliche Ergänzung, aber noch keinen Ersatz für ein Lehrbuch. Dieses ist auch beim neuen Betrieb nicht zu entbehren. Allerdings darf es kein Buch sein, das gleichzeitig ausführliche Anleitungen für die Übungen enthält, sondern ein einfach gehaltener Leitfaden, der die im Unterricht gefundenen Tatsachen in klarer und bestimmter Sprache zusammenfaßt, und daneben auch Aufgaben, namentlich für die rechnerische Behandlung einzelner Gebiete, enthalten kann. Ein solches Lehrbuch gibt dem Schüler nicht bloß einen Überblick über das behandelte Gebiet und ermöglicht ihm so auch die Wiederholung des durchgenommenen Stoffes, sondern soll ihm gleichzeitig als Muster guten, naturwissenschaftlichen Ausdrucks dienen, dessen ein Anfänger nicht entraten kann.

Nun werden aber bei aller Sorfalt, die der Lehrer dem Ausbau der Unterrichtsmethode zuwendet, die Resultate ungünstig sein, wenn sich dieser nicht auch ein entsprechendes Prüfungsverfahren beigesellt. Einige Berichte betonen ausdrücklich, daß sich bessere Prüfungsresultate erzielen lassen, wenn der Schüler vor einen Apparat gestellt wird. Es ist ja klar, daß Schüler, die sich einen Lehrstoff gewissermaßen aktiv, also mehr durch Beobachten, angeeignet haben, anders geprüft werden müssen als solche, die sich den Lehrstoff mehr passiv durch den Vortrag des Lehrers und das Studium des Lehrbuches erworben haben. Von Schülern, die zur Beobachtung erzogen wurden, ist eine entsprechende Antwort vor allem dadurch zu erhalten, daß ihnen die Fragen im Anschluß an einen sinnlich wahrnehmbaren Gegenstand oder Vorgang gestellt werden. Demnach ist es nicht angängig, den Schülern, die einen großen Teil der dem naturwissenschaftlichen Unterricht gewidmeten Zeit mit Beobachtungen und Verarbeitung der Beobachtungen verbracht haben, bei den Schulaufgaben und bei der Reifeprüfung in der Physik lediglich Aufgaben rein mathematischen Charakters, in der Chemie dagegen Aufgaben zu stellen, die eine rein gedächtnismäßige Aneignung des Lehrstoffs voraussetzen. Die schriftlichen Aufgaben haben dem geänderten Unterricht vielmehr dadurch Rechnung zu tragen, daß sie dem Schüler auch Gelegenheit geben, an

das in den Schülerübungen Beobachtete und Erarbeitete anzuknüpfen. Die mündliche Prüfung aber soll soweit als möglich vor Apparaten erfolgen. Ferner müssen sich die Lehrer bemühen, die Schüler auch während der Übungen kennen zu lernen, damit sie die dabei gezeigte Anstelligkeit und Geschicklichkeit und besonders die scharfe Beobachtungsgabe sowie eine klare Darstellungsweise bei der Zusammenstellung der Noten ausreichend berücksichtigen können. Die Note in einem naturwissenschaftlichen Fach soll nicht bloß durch das Wissen des Schülers, sondern auch durch seine Eignung zu naturwissenschaftlichen Arbeiten bedingt sein. Dann werden auch die Klagen der Lehrer darüber verstummen, daß manche Schüler schlechte Noten aufweisen, die gute Beobachter sind und sich sehr regsam bei den Übungen zeigen.

Die verwendeten Apparate sind durchweg einfach und an den Anstalten von ziemlich gleichmäßiger Art [entsprechend den von Prof. K. Fischer gegebenen Direktiven], doch werden häufig zweckmäßige Änderungen an den Apparaten vorgenommen, oder auch unter Mitwirkung von Schülern anderweitige Apparate hergestellt. Aus solchem Zusammenarbeiten von Lehrern und Schülern hat sich ein höchst wertvolles Vertrauensverhältnis herausgebildet, das manche sogar als eine der segensreichsten Folgen der ganzen Übungen betrachten. Auch sind an manchen Anstalten Handfertigkeitskurse eingerichtet, die aber nur von wenigen Schülern besucht werden.

„Obwohl die Lehrer durch die Schülerübungen wesentlich stärker belastet werden als früher, so beweist doch ihre freudige Mitarbeit, „daß die Umgestaltung der naturwissenschaftlichen Unterrichtsmethode nicht einer vorübergehenden Modelaune, sondern einem tieferen Bedürfnis unserer Zeit entspringt“.

P.

5. Technik und mechanische Praxis.

Fortschritte und Probleme der chemischen Industrie. Vortrag, gehalten in der allgemeinen Sitzung des VIII. Internationalen Kongresses für angewandte Chemie in New York von C. Duisberg. Die wichtigste Frage für jede Industrie, die Krafterzeugung, wird jetzt von der vervollkommneten Wasserbaukunst und der Entwicklung der Turbinen beherrscht. Der Fortschritt der letzteren gegenüber der Kolbenmaschine Watts wird jedoch schon wieder übertroffen von Benzin-, Petroleum- oder Öl-Motoren und vor allem den Großgasmaschinen, die durch Hochofengas oder auch Torfgas getrieben werden. Aus luftgetrocknetem Torf mit einem Feuchtigkeitsgehalt von 45…70 % werden pro 1000 kg Trockengehalt 2500…2600 cbm Gas, von 1100…1300 Wärmeeinheiten erhalten; diese liefern eine nutzbare Kraftausbeute von 1000 PS.-Stunden = 700 Kilowattstunden, ferner eine Salzausbeute von 35 kg Ammoniumsulfat (bei einem Stickstoffgehalt des Torfmoors von 1 %). Es handelt sich hier um eine wichtige Nebenproduktgewinnung nach dem Verfahren von Franz Caro. Ein umfangreicher Betrieb befindet sich in dem Schweger Moor bei Osnabrück. — Auch die Kälteerzeugung spielt in der chemischen Industrie eine immer größere Rolle. Statt der Ammoniakmaschine mit ihrer Temperatur von — 20° stehen uns heute Schwefligsäuremaschinen und besonders Kohlensäurevergaser zur Verfügung, die auf — 40° arbeiten. Auch die Anlagen zur Luftverflüssigung verbreiten sich immer mehr. Die Badische Anilin- und Sodafabrik ist im Begriff, auf diese Weise aus dem Wassergas den Wasserstoff zu gewinnen unter gleichzeitiger Verwertung des Kohlenoxyds für Kraftzwecke, um dann mit dem durch Luftverflüssigung und Rektifikation gewonnenen Stickstoff das Habersche Verfahren der Ammoniaksynthese im großen durchzuführen. — Auch bezüglich der Größe und des Materials der Apparate sind bemerkenswerte Fortschritte gemacht. Allgemein haben sich nach dem Vorbilde der berühmten Solvay Sodafabrikation die Apparaturen in der chemischen Industrie enorm vergrößert. Nordamerika baut Hochöfen von 500 t Tagesproduktion und benutzt als Transportmittel riesige 50-t-Wagen. Auch in der organisch-chemischen Industrie haben sich die eisernen Gefäße, in denen man chloriert, sulfiert, nitriert, reduziert und oxydiert, von den kleinen Kesseln der früheren Jahre zu gewaltigen Größen entwickelt. Ein weiterer Fortschritt besteht darin, daß diskontinuierliche Betriebe immer mehr durch ununterbrochen arbeitende Verfahren ersetzt werden. Quarzgefäße stehen jetzt fast in denselben Größen wie Tongefäße zur Verfügung.

Die größten Fortschritte sind auf dem Gebiete der Eisenlegierungen, der Edelstahle, gemacht worden. Hier handelt es sich haupt-

sächlich darum, an die Stelle des Kohlenstoffs andere Elemente zu setzen, die ebenso wie dieser die Festigkeit erhöhen, aber das Entstehen eines kristallinischen, leichter spaltbaren Gefüges hindern. In erster Linie steht hier das Nickel. Schmiedbare Legierungen erhielt man jedoch erst, als es gelang, ganz reines Nickel zu verwenden. In ähnlicher Weise verwendet man die heute rein herstellbaren Elemente Chrom, Silicium und Mangan, allein oder in Verbindung mit Nickel. Aber auch die rein thermische, wahrscheinlich von chemischen Veränderungen begleitete Behandlung hat zu weiteren Fortschritten geführt. Nickelstahle und Chromnickelstahle besitzen ein dem Schweißeisen sehr ähnliches amorphes Gefüge, übertreffen aber seine Festigkeit um das 2- bis 3 fache. Ausgestellt waren stark deformierte Konstruktionselemente für den Automobilbau, die trotz der hohen Beanspruchung von 90 kg pro qmm keinen Bruch zeigten. Nur kurz erwähnt seien die für den Schiffsbau und die Elektrotechnik wichtigen Legierungen des Stahls mit viel Nickel — 23 % und darüber —, die unmagnetisch und widerstandsfähig gegen die Atmosphärilien sind, die 30%igen Nickelstahle, die sich durch hohen elektrischen Widerstand auszeichnen und die 45%igen, deren Ausdehnungskoeffizient $^1/_{20}$ von dem des gewöhnlichen Stahls beträgt und, was für die Optik wichtig ist, nicht größer als der des Glases ist. Besonders für den Chemiker interessant ist die Entdeckung, daß bei Legierungen des Eisens mit Chrom, Wolfram, Molybdän und Aluminium mittels thermischer Behandlung die Widerstandsfähigkeit gegen Säuren auf das 5 fache gesteigert werden kann (ausgestellte Proben von gewalztem Kohlenstoff- und Chromnickelstahl waren 56 Tage mit verd. Schwefelsäure gebeizt worden). An der Spitze stehen hier Legierungen mit hohem Chromgehalt, wie sie von der Firma Friedr. Krupp in Essen nach den Patenten von Borchers und Monnartz hergestellt werden. Enthalten sie 60 % Chrom, 35 % Eisen und 2—3 % Molybdän, so sind sie in verdünnten Säuren, auch bei Zusatz von Alkalichlorid, unlöslich, ja sie widerstehen sogar siedendem Königswasser. Die neuesten Fortschritte beziehen sich auf die Verwendung des Vanadiums, das aber leider noch sehr teuer ist. Es ist ein Problem der Chemie, dieses Metall billiger herzustellen; Legierungen von Eisen mit Chrom, Wolfram und Vanadium zeigen noch bei Temperaturen von 500° große Festigkeit; sie werden vom Ingenieur (beim Dampfturbinenbau) und vom Chemiker benötigt. Ganz neu und wertvoll ist eine der Firma Friedr. Krupp patentierte Stahllegierung, die nicht nur undurchbohrbar und unzertrümmerbar, sondern auch für autogene Schneidbrenner undurchbohrbar ist (Proben von gewöhnlichem Stahl zeigten bei Knallgasgebläsewirkung nach 6 Minuten tiefe Löcher, der neue Tresor-Stahl nach $1^1/_2$ Stunden keine wesentliche Einwirkung). Auch der sehr harte und spröde, von Rob. Hadfield zuerst dargestellte Mangan- oder Hartstahl und der säurefeste Siliciumstahl sind für verschiedene Zwecke von Bedeutung. Noch wichtiger ist die ganz kohlenstoffarme Siliciumlegierung mit etwa 4 % Silicium; sie wird in Form von 0,35 mm dicken Blechen in großen Massen — Deutschland allein braucht jährlich davon 8000 t — beim Bau von Dynamos, Wechselstrommotoren und Transformatoren verwendet; dieses Material hat nur einen halb so großen Wattverlust wie gewöhnliches Eisen, bei einem vier- bis fünfmal so hohen elektrischen Widerstand, wodurch die schädlichen Wirbelströme auf ein Minimum herabgedrückt werden. — Durch den im elektrischen Schmelzofen erzeugten Elektrostahl ist die vom chemischen Gesichtspunkt aus wichtige, lange vergeblich gesuchte Lösung des Entschwefelungsproblems gelungen. Dem Siliciumstahl noch überlegen ist das von Franz Fischer in Charlottenburg hergestellte Elektrolyteisen, ein Idealmetall für Elektromagnete, das von den Langbein-Pfannhäuser Werken in Leipzig fabrikmäßig erzeugt wird. Die Härte dieses jetzt wasserstofffrei herstellbaren Elektrolyteisens ist geringer als die von Gold und Silber, etwa gleich der des Aluminiums. Es besitzt die wertvolle Eigenschaft, schneller als anderes Eisen magnetisch zu werden, und ebenso, schneller den Magnetismus wieder zu verlieren.

Der Siegeslauf der Schwefelsäurefabrikation nach dem Kontaktverfahren in Nordamerika hat in Deutschland kaum seinesgleichen. Noch immer ist neben dem spärlich arbeitenden Eisenoxyd das teure Platin unser Hauptkontaktmaterial. Hier einen billigen Ersatz zu suchen, ist eine dankbare Aufgabe. Trotz der bedeutenden Verbesserungen in den letzten 20 Jahren ist doch der alte Bleikammerprozeß, der sich in bezug auf Arbeitsweise und Säurereinheit vervollkommnet hat, konkurrenzfähig geblieben. Auch in bezug auf die Ammoniumsulfaterzeugung sind Fortschritte zu verzeichnen. — Auf die vielbesprochenen Verfahren der Nutzbarmachung

des Luftstickstoffes (vgl. auch d. Zeitschr. *24, S. 308*) — auf die direkte Oxydation des Stickstoffes im Flammenbogen nach Birkeland-Eyde, Schönherr oder Pauling, auf die Darstellung von Kalkstickstoff und Cyanamiden nach Frank-Caro und auf das Serpekverfahren, aus Aluminiumnitriden Ammoniak zu gewinnen — geht Duisberg nicht näher ein. Ein bestimmtes Problem der Salpetersäurekonzentration ist durch Pauling gelöst; die glatte Überführung von Kalkstickstoff in Ammoniak und die rationelle Umwandlung des letzteren in Salpetersäure sind ebenfalls gelungen. — Auf dem Gebiet der Sodafabrikation ist der 50 jährige, weltbeherrschende Solvay-Prozeß unbekämpft geblieben; dem Leblanc-Prozeß wird kaum je wieder aufgeholfen werden. — Die Chloralkalielektrolyse hat besonders wegen des beschränkten Chlormarktes nicht die erwartete Ausdehnung genommen. Auch der glänzend durchgeführten elektrolytischen Chloratgewinnung setzte der Konsum bald feste Grenzen. — Hinsichtlich der Reduktions- und Oxydationsmittel hat sich das alte Hydrosulfit Schützenbergers, seitdem man es als wasserfreies Natronsalz oder Rongalit in Verbindung mit Formaldehyd haltbar und in Pulverform transportabel gemacht hat, zu einem bedeutenden Handelsartikel entwickelt. — Im Gebiet der seltenen Metalle wird neben den Thoriumsalzen die interessante funkensprühende Legierung Auers, bestehend aus 35 % Eisen und 65 % Cer, für Feuerzeuge in gewissem Umfange hergestellt. In der Metallfadenlampenindustrie ist das bei 2300° schmelzende Tantal von dem erst bei 3100°, am höchsten von allen Metallen, schmelzenden Wolfram überholt worden. Cadmium, Selen und Tellur gewinnt man jetzt in größeren Mengen als Nebenprodukte, letztere bei der Verarbeitung der Tellurgolderze; doch finden sie noch keine größere Verwendung. Die aus Tonerde unter Zusatz von Chromoxyd bzw. Eisenoxyd und Titansäure erzeugten künstlichen Edelsteine, die jetzt auch von den Elektrochemischen Werken in Bitterfeld hergestellt werden, finden als Schmucksteine und Lagersteine für Uhren und Meßinstrumente immer mehr Verwendung.

In der organisch-chemischen Technik hat die Teerfarbenindustrie die bedeutendsten Fortschritte gemacht. In der Teerdestillation wendet man heute Apparate von 60 000…80 000 Liter an, doch ist ein kontinuierlicher Betrieb, wie er sich beim russischen Petroleum durchführen läßt, noch nicht gelungen. Im Publikum ist man noch vielfach der Ansicht, daß die Farbenchemie in der Echtheitsfrage versage. Dies ist ein vollständiger Irrtum. Man ist heute in der Lage, die schönsten farbigen Wandbekleidungen, sei es aus Papier oder gewebten Stoffen, farbenecht herzustellen; überhaupt kann man heute auf jedem Stoff, sei es Seide, Wolle, Baumwolle oder Papier, jede beliebige Farbennuance in jeder nur gewünschten Echtheit herstellen. In der Synthese der indigoiden Farbstoffe herrscht seit der Herstellung des künstlichen Indigos [durch N. Witt] ein reges Leben; neben dem König der Farbstoffe, dem Indigo selbst, sind jetzt Brom-, Thio- und Alizarin-Indigos in allen Abstufungen von Blau bis zu Rot, Violett, Grau und Schwarz aufgefunden worden, darunter auch der kostbare Purpur der Alten. Auch in den Alizarinfarben sind große Fortschritte zu verzeichnen, besonders seitdem es René Bohn 1901 gelang, in dem Indanthren einen blauen Baumwollfarbstoff von unvergänglicher Lichtechtheit herzustellen. Weitere Farbstoffe aus der Anthrachinonreihe hat man im Anschluß hieran gefunden; sie werden von der Badischen Anilin- und Sodafabrik unter dem Namen Indanthrenfarbstoffe, von den Farbenfabriken vorm. Fr. Bayer & Co. als Algolfarbstoffe in den Handel gebracht. — Auf dem Gebiete der pharmazeutischen Chemie wird rüstig weitergearbeitet trotz der Schwierigkeiten, mit denen hier die Forschung zu kämpfen hat. Die glänzende Entwicklung begann mit dem Antipyrin von Ludwig Knorr, dem Phenacetin und Sulfonal. Die letzten Ruhmestaten sind der Aufbau des Adrenalins (als Suprarenin von den Höchster Farbwerken in den Handel gebracht) durch Stolz, des Hydrastinins durch Decker, der Purinbasen durch Emil Fischer und W. Traube. Daß auch der glückliche Zufall hier gelegentlich, wie beim Antifebrin, eine Rolle spielt, zeigte sich bei dem neuesten bewährten Gichtmittel, dem Atophan. Dem Meister chemischer Forschung, Emil Fischer, dem die pharmazeutische Industrie geschätzte Medikamente, wie Veronal und Sajodin, zu danken hat, ist auch die Synthese des Tannins gelungen, die weitere Aussicht auf die Darstellung von Gerbstoffen eröffnet. — Die Chemotherapie, die Bekämpfung der Infektionskrankheiten durch chemische Mittel, ist durch Ehrlich gefördert worden, dem es gelang, chemische Substanzen zu finden, die die Parasiten innerhalb des Körpers töten, ohne den Wirt selbst zu schädigen. Der

Weg dieser neuen Forschung ging über die Aminophenylarsinsäure, das „Atoxyl", zum Diaminodioxyarsenobenzol, dem „Salvarsan". Es ist sicher, daß wir hier erst am Anfang einer neuen Entwicklung stehen. Die furchtbaren Karzinome sind, nach Emil Fischer, durch Selenverbindungen wenn auch nicht zu heilen, so doch zu beeinflussen. — Im Gebiete der Riechstoffe sind seit der Synthese des Veilchenduftstoffes, des Ionons, noch das Rosen- und Maiglöckchenöl hergestellt worden. — Die bisherige Kunstseide, die Nitrocelluloseseide, wird vielleicht durch die aus dem Cellulosexanthogenat hergestellte Viskoseseide verdrängt werden. — Acetylcellulose oder Cellit ist ein Stoff, der sich zur Herstellung unentflammbarer Films eignet und die bisherigen feuergefährlichen Kinematographenfilms zu ersetzen geeignet ist. Aus dem Cellit wird durch Verarbeiten mit nicht brennbaren Kampferersatzmitteln auch unentflammbares Celluloid, das Cellon, hergestellt. Das Cellon ist von größerer Plastizität wie Celluloid und wird heute schon in Blöcken von 100 kg Gewicht hergestellt, die sich wie Celluloid sägen, polieren, pressen und biegen lassen. Auch hochviskose Lösungen von Cellon lassen sich zum Bestreichen von Papier, Holz usw., also zur Herstellung von Kunstleder, Isolationsstoffen usw., verwenden. In Frankreich werden heute schon die Aeroplanflächen mit solchem Lack überzogen. — Schließlich verbreitet sich der Verfasser über die Herstellung künstlichen Kautschuks, dessen Synthese aus dem Isopren, d. i. β-Methylbutadien, Fritz Hofmann von den Farbenfabriken vorm. Friedr. Bayer & Co., deren Leiter der Vortragende ist, gelang. Reifen aus synthetischem Kautschuk haben sich bereits bewährt; der künstliche Kautschuk wird wahrscheinlich bald im Handel erscheinen. (*Zeitschr. f. angew. Chem., 1912.*) *O.*

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Das Wissen der Gegenwart in Mathematik und Naturwissenschaft. Von E. Picard. Autoris. deutsche Ausgabe mit erläuternden Anmerkungen von F. und L. Lindemann. (Wissenschaft und Hypothese, XVI). Leipzig, B. G. Teubner, 1913. Geb. M 6,—.

Das Buch behandelt zum großen Teil dieselben Gegenstände wie Poincarés in derselben Sammlung erschienene Schrift „Wissenschaft und Hypothese". Es will eine zusammenfassende Darstellung von dem Stande der Mathematik und der Naturwissenschaften in den ersten Jahren dieses Jahrhunderts geben. Auf dem speziellen Gebiet der Physik behandelt der Verfasser nacheinander die klassische Mechanik und ihre Geschichte, die deduktiven Methoden in der Mechanik, die mechanische Erklärung der Naturerscheinungen, die energetische Wissenschaft; dann aus der Physik des Äthers: Optik und Elektrizität, die Kathodenstrahlen und X-Strahlen, die Mechanik der Elektronen. Auch Unterrichtsfragen werden mehrfach berührt; so gibt der Verfasser für die Mechanik der historischen Darstellungsmethode den Vorzug, und hält es auch für zulässig, auf diesem Gebiet gleichzeitig verschiedene leitende Gesichtspunkte nebeneinander beizubehalten. Die Fundamentalgleichung der Mechanik sieht er nicht als eine bloße Definition an, sondern findet, daß diese Gleichung zur Erforschung der Bewegung eines Punktes und zum Vorhersagen der Bewegung nur brauchbar ist, wenn man die Kraft noch auf andere Weise kennt als eben durch diese Gleichung. Diese Probe mag den maßvollen, der Erfahrung stets Rechnung tragenden Standpunkt des Verfassers kennzeichnen. Nach der Physik werden auch die Chemie, dann Mineralogie, Geologie, Biologie und Medizin behandelt. Ohne auf philosophische Streitfragen einzugehen, weiß der Verfasser doch überall die allgemeinen Gesichtspunkte und die Wechselbeziehungen zwischen den verschiedenen Gebieten hervorzuheben. *P.*

Jahrbuch der Naturwissenschaften 1912/1913. Achtundzwanzigster Jahrgang, unter Mitwirkung von Fachmännern herausgegeben von Dr. J. Plaßmann. Mit 15 Abbildungen. Freiburg i. B., Herder, 1913. 466 S. Geb. M 7,50.

Das Jahrbuch bietet auch diesmal eine gute Übersicht über die Fortschritte der Forschung im vergangenen Jahr. Besonders interessant sind die Abschnitte über Astronomie, Zoologie, Gesundheitslehre und Technik. Der Abschnitt über Physik ist einem neuen Mitarbeiter anvertraut worden, die Auswahl ist zweckmäßig, doch tragen die Berichte zurzeit noch zu sehr den Charakter wissen-

schaftlicher Referate, auch hätten einige Abbildungen zugefügt werden sollen. Im übrigen bedarf das vorzüglich geleitete Unternehmen keiner weiteren Empfehlung. *P.*

Deutsche Physiker und Chemiker. Von A. Kistner. 168 S. Kempten und München, Jos. Kösel, 1908. Geb. M 1,—.

Obwohl dies Büchlein schon vor fünf Jahren erschienen ist. möchten wir doch noch jetzt darauf aufmerksam machen. Es enthält Lebensskizzen von O. von Guericke, Leibniz, Fraunhofer, Mayer, Gauß, Helmholtz, Siemens, Liebig, Bunsen, Krupp. Die Auswahl ist bestimmt durch die Bildnisse und Büsten, die bisher im Ehrensaal des Deutschen Museums in München zur Schau gestellt sind, und von denen phototypische Reproduktionen beigegeben sind. Die Darstellungen sind knapp und populär gehalten, sie eignen sich besonders auch zur Lektüre für Schüler. *P.*

Im Kampf um das Weltsystem (Kopernikus und Galilei). Von A. Kistner, Professor am Großh. Gymnasium zu Wertheim a. M. Mit 3 Abbild. 100 S. (Voigtländers Quellenbücher, Bd. 39.) Leipzig, R. Voigtländer. M 0,80.

Das Buch bietet bei geringem Umfang eine größere Zahl von Bruchstücken aus Originalschriften, beginnend mit dem Altertum und fortschreitend über Kopernikus, Kepler und Galilei bis zu den neueren Untersuchungen von Benzenberg, Bessel, Foucault. Besonders dankenswert sind die Stücke, die das Ringen um die neue Weltansicht veranschaulichen, so der wundervolle Brief Keplers an Galilei vom 13. Oktober 1597, der vielberufene Brief Galileis an Castelli vom Jahre 1613, der Abschnitt aus dem Nuncius sidereus, der die ersten Beobachtungen über die Jupitermonde enthält, u. a. m. Die Auswahl ist geschickt und sachkundig, und zu gelegentlicher Belebung des Unterrichts überaus brauchbar. *P.*

Das Leben. Sein Wesen, sein Ursprung und seine Erhaltung. Von E. A. Schäfer, Professor der Physiologie a. d. Universität Edinburgh. Autoris. Übersetzung von Charlotte Fleischmann. 67 S. Berlin, Julius Springer, 1913. M 2,40.

Die Schrift bringt den Wortlaut einer Präsidialrede, die zur Eröffnung der Versammlung der British Association in Dundee 1912 gehalten ist. Sie stellt den Standpunkt der heutigen angloamerikanischen Wissenschaft dar, die von Vitalismus und „Lebenskraft“ (wovon vital force nur eine Übersetzung ist) nichts wissen will. Die Möglichkeit der Entstehung von organischer Materie aus unorganischer wird aufrechterhalten, das Rätsel der Organisation bleibt ungelöst, obwohl eine anschauliche Darstellung des Entwicklungsganges von niederen zu höheren Gebilden gegeben wird. *P.*

Lehrbuch der Physik. Von O. D. Chwolson. Vierter Band: Die Lehre von der Elektrizität. 2. Hälfte, 1. Abteilung. Unter Mitwirkung von A. A. Dobiasch und A. L. Gerschun. Übersetzt von H. Pflaum (†) und A. B. Foehringer. Mit 114 Abbildungen. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1913. 446 S. M 7,50.

Der Stoff dieses Teils des umfangreichen Werkes ist auf zwei Abschnitte verteilt: Das konstante Magnetfeld und das veränderliche Mangnetfeld. In dem ersten ist alles eingeordnet, was sich auf die Messung elektrischer Widerstände, Stromstärken, elektromotorischer Kräfte und Feldstärken bezieht; ein kurzes einleitendes Kapitel behandelt die Einwirkung des Magnetfeldes auf die in ihm befindlichen Körper. In dem zweiten Abschnitt sind zuerst die Induktionserscheinungen dargestellt, dann folgt die Maxwellsche Theorie, dann die Grundlagen der Elektronentheorie, endlich das Relativitätsprinzip. In bezug auf das letztere ist interessant, daß der Verfasser das in populären Darstellungen viel benutzte Hilfsmittel der Uhren ablehnt und das Wesen der Sache ohne dieses auseinandersetzt. Er betont andererseits, daß wir, wenn wir den Gedanken der absoluten Ruhe und der absoluten gleichförmigen und geradlinigen Bewegung unbedingt verwerfen, auch die Existenz des Äthers aufzugeben genötigt sind. Über dies ganze Gebiet bietet das Buch überaus klare und umfassende Darlegungen, in denen auch der ganz moderne Gedanke der Trägheitsmasse einer jeden Energieform seine Stelle findet. Doch hält der Verfasser dafür, daß erst die Zukunft die Lösung der streitigen Fragen bringen und die wahre physikalische Bedeutung des Relativitätsprinzips klarstellen wird. Wir begrüßen das Erscheinen dieses neuen Teils des großen Werkes, den der Verfasser trotz langer schwerer Erkrankung fertiggestellt hat, mit besonderer Freude und sprechen die Hoffnung aus, daß es ihm vergönnt sein möge, auch die noch fehlende Abteilung dieses letzten Bandes bald zu vollenden. *P.*

Beiträge zur Stereoskopie und zur stereoskopischen Projektion von Dr. Karl Rosenberg. VIII

und 44 Seiten, 20 Textfiguren. Wien und Leipzig, Alfred Hölder, 1912.

In das kleine, sehr klar geschriebene Heftchen hat Verfasser eine Unsumme von Überlegungen, Erfahrungen und Beobachtungen hineingearbeitet, die die Lektüre zu einer überaus anregenden machen. Er behandelt in den ersten Abschnitten die allgemeinen Grundlagen der Stereoskopie und die Naturtreue des Bildes in ihrer Abhängigkeit von Brennweite, Objektivabstand und Abstand der fertigen Bilder voneinander sowie die Vergrößerung, Verkleinerung und Tiefenverzerrung unzweckmäßig behandelter Aufnahmen. Eine besondere Untersuchung ist der Stereo-Nahaufnahme gewidmet und das dabei Erreichbare in klarer Weise zusammengefaßt. Die folgenden Abschnitte erörtern die zweckmäßige Wahl der Kameragröße, der Objektivbrennweiten, des Bildformates, ferner die Anfertigung der Bilder, insbesondere der Diapositive.

Der zweite Teil der Schrift befaßt sich mit der stereoskopischen Projektion. Nach kurzer Beschreibung der älteren Methoden, zumal der Petzoldschen, wird die Herstellung der Anaglyphen mittels der Pinatypie eingehend geschildert. Den Schluß bilden einige Abschnitte, die dazu anleiten, gerade an den Anaglyphen Studien über Naturtreue und Verzerrung, Tiefenerstreckung und pseudoskopische Effekte zu machen.

Die Stereoskopie nimmt noch lange nicht die Stelle ein, die ihr gebührt. Besonders sollte auch die Schule von ihr in ganz anderer Weise Gebrauch machen als bisher. Freilich, solange die Mehrzahl der käuflichen Bilder mangelhaft aufgenommen oder in viel zu großem Abstand aufgeklebt ist, wird man immer wieder Enttäuschungen erleben. Das Rosenbergsche Büchlein wird vor der Anschaffung fehlerhaften Materials schützen und zur Selbstherstellung wirkungsvoller Bilder anregen und ermutigen. Es sei deshalb zur Anschaffung warm empfohlen. *W. Vn.*

Elektrochemisches Praktikum von Dr. Erich Müller, ord. Professor und Direktor des Laboratoriums für Elektrochemie und physikalische Chemie an der Technisch. Hochschule zu Dresden. Mit einem Begleitwort von Dr. Fritz Foerster, Geheimem Hofrat, ord. Professor und Direktor des anorganisch-chemischen Laboratoriums an der Technischen Hochschule zu Dresden. Mit 73 Abb. und 29 Schaltungsskizzen. Dresden und Leipzig, Theodor Steinkopff, 1913. XVI und 224 S. In Leinen geb. M 8,—.

E. Müller ist als Elektrochemiker, der neue Wege gewiesen hat, und als guter Hochschullehrer wohlbekannt; die Fachgenossen wissen, daß er auch ein guter Organisator ist. Alle drei Eigenschaften treten in dem vortrefflichen Buch deutlich hervor.

Müller hat das von Foerster eingerichtete mustergültige elektrochemische Praktikum der Dresdener Hochschule mitgeleitet und an anderen Hochschulen fortgebildet; so ist das Buch der Niederschlag einer langjährigen und vielseitigen Erfahrung, die namentlich in dem ersten Abschnitt „Die Bedürfnisse eines elektrochemischen Laboratoriums“ hervortritt. Dort wird auch der mit kleineren Mitteln rechnende Lehrer gute Anweisungen finden.

Im zweiten Abschnitt „Übungsaufgaben“ vermißt der Referent im ersten Teil: „Einige grundlegende Gesetze“ manche nach seiner Erfahrung sehr lehrreiche Versuche, wie die absolute Bestimmung des Leitvermögens, der Wanderungsgeschwindigkeit des MnO_4'-Ions, die analytische Verwendung des Leitvermögens bei ganz schwerlöslichen Stoffen. Auch ist die S. 54 für λ_∞ von Bernsteinsäure angegebene Zahl inkorrekt. Aus den EMK von Konzentrationsketten $Ag/AgNO_3$ — anderes Ag-Salz/Ag läßt sich leicht noch mehr herausholen, wie z. B. Konstanz des Löslichkeitsproduktes.

Die weiteren Abschnitte: Abscheidungen der Metalle aus ihren Salzlösungen, Herstellung wichtiger anorganischer und organischer Präparate, schmelzflüssige Elektrolyse sind mustergültig. Im letzten Absatz: Elektrothermische Prozesse scheint dem Referenten auch die Berücksichtigung von Widerstandsöfen erwünscht.

Alle Versuche sind praktisch und didaktisch mit möglichst einfachen Mitteln und selbstanzufertigenden Apparaten eingerichtet; die Diskussion ist vorzüglich. Einfache, klare Strichzeichnungen und Schaltskizzen erleichtern das Verständnis.

Das Buch kann allen Chemie- und Physiklehrern für die Lehrstunde, das Praktikum und das Selbststudium auf das allerwärmste empfohlen werden. *W. Roth-Greifswald.*

Einführung in die Spektrochemie. Von G. Urbain, Professor der Chemie an der Sorbonne (Paris). Übersetzt von Dr. Ulfilas Meyer, Wissenschaftl. Hilfsarbeiter an der Physikalisch-

Technischen Reichsanstalt. Mit 67 Figuren und 9 Tafeln. Dresden und Leipzig, Verlag von Theodor Steinkopff. 1913. VIII und 213 S. Geh. M 9,—; geb. M 10,—.

Urbain, bekannt durch seine spektrachemischen und analytischen Forschungen auf dem Gebiet der seltenen Erden, hat 1911 seine, mehrere Jahre lang gehaltenen Vorlesungen in Buchform herausgegeben. Da das Buch ausdrücklich als „Einführung" bezeichnet war, wurde Vollständigkeit nicht angestrebt. Der Übersetzer hat, bei sonst wortgetreuer Übersetzung, an dem schwächsten Punkte des Originals, nämlich den Literaturnachweisen, namentlich der deutschen Arbeiten, die fühlbarsten Lücken ausgefüllt und in Anmerkungen auf einige neuere Arbeiten hingewiesen.

Die Übersetzung liest sich gut, nur an einer Stelle, wo bei den Gläsern von dem Lösungsmittel „Silicium" und dessen Durchlässigkeit für Ultraviolett die Rede ist, stockt der chemische Leser. Auch die „ketonische und enolische Struktur" entspricht nicht dem deutschen chemischen Sprachgebrauch. Ferner dürfte in einem deutschen Buch die französische Sonderbezeichnung für Beryllium („Glucinium") nicht benutzt werden. Manche Namen und griechische Termini technici sind in störender Weise verdruckt. Daß die bei uns besonders gepflegte Spektrochemie der organischen Verbindungen, soweit das sichtbare Gebiet in Frage steht, gar nicht, die in Deutschland vernachlässigte Phosphoreszenz besonders eingehend behandelt ist, sei als Besonderheit des Buches hervorgehoben. Sein Endziel, nämlich den Chemikern die Scheu vor der für übergenau und experimentell äußerst schwierig gehaltenen Spektrochemie zu nehmen, dürfte der Verf. bei aufmerksamen Lesern erreichen.

W. Roth, Greifswald.

Ausgewählte Vorträge und Aufsätze von Walther Hempel, Geh. Rat, Dr. phil. ed med. h. c., Prof. a. d. Techn. Hochschule zu Dresden. Herausgegeben von Dr. E. Graefe, Diplom-Ingenieur. Wien-Berlin-London, Verlag f. Fachliteratur G. m. b. H.. 1913. 143 S. 4°. M 6,—.

Den zahlreichen Schülern und Freunden des verdienstvollen, jetzt aus seiner akademischen Tätigkeit geschiedenen Hochschullehrers eine Erinnerungsgabe zu bieten, ist zwar der eigentliche Zweck der vorliegenden Schrift; die reizvolle, mit dem Bildnis des Verfassers geschmückte Sammlung wird aber sicherlich noch viele andere Freunde finden. Die meisten der hier behandelten neun Themata, z. B. über die Fäulnis, die Trinkwasserversorgung, den Einfluß der chemischen Technik auf Leben und Sitten, allgemeine Gesichtspunkte der chemischen Technik, sind von so allgemeinem Interesse und dazu so anschaulich und anregend abgefaßt, daß das Buch weiteren Kreisen bekannt zu werden verdient. Insbesondere sei den Anstaltsbibliotheken die Anschaffung empfohlen, nicht nur für diejenigen, die chemischen Unterricht erteilen, sondern mehr noch für alle anderen Leser, damit diese an bestimmten Beispielen erkennen, wie tief die Fortschritte der Technik in die gesamte kulturelle Entwicklung eingreifen.

O. Ohmann.

Ausführung qualitativer Analysen. Von W. Biltz. Mit 1 Taf. und 13 Fig. im Text. Leipzig 1913, Akad. Verlagsges. XI u. 139 S. M 6,—; geb. M 6,—.

Das Buch nimmt neben den zahlreich vorhandenen Anleitungen zur Analyse eine entschieden eigenartige Stellung ein. Mit Absicht wurden längere Erklärungen, die Sache des Lehrbuchs sind, z. B. aus der Theorie der elektrolytischen Dissoziation, zumeist ganz weggelassen, und es wird dafür das Spezifische des Analysierens möglichst rein zum Ausdruck gebracht, wobei der Verfasser mehrfach auf das klassische Vorbild Clemens Winklers hinweist. Insbesondere ist auch der Analyse auf trockenem Wege, zumal der Lötrohruntersuchung, die ihr gebührende Ausdehnung gegeben und ist das wichtige Prinzip möglichster Einfachheit allenthalben gewahrt. Dies drückt sich auch in den am Schluß (S. 126) kurz angegebenen sieben „Analytischen Stilwidrigkeiten" aus, in denen es z. B. heißt: „Es ist stilwidrig: 1 Gramm Substanz und 2 Tage Arbeit aufzuwenden, wenn man mit dem 10. Teil des Stoffes und dem Viertel der Zeit auskommt"; ebenso: „Schwefelwasserstoffgas zu einer unvollständigen langwierigen und lästigen Operation zu benutzen, wenn Schwefelwasserstoffwasser das gleiche in kurzer Zeit vollständig und bequem auszuführen erlaubt". Das Buch sei allgemeinerer Beachtung empfohlen.

O. Ohmann.

Kurzes Lehrbuch der organischen Chemie. Von Prof. Dr. A. Bernthsen, Hofrat, Dir. d. Bad. Anilin- u. Sodafabrik Ludwigshafen a. Rh., früher Prof. a. d. Univ. zu Heidelberg. 11. Aufl., bearb. in Gemeinschaft mit Prof. Dr. Darapsky a. d. Univ. zu Heidelberg. Braunschweig, Vieweg

& Sohn, 1911. XX u. 668 S. M 12,—; geb. M 13,—.

Die neue Auflage des seit 1887 bereits so oft aufgelegten Buches ist, hauptsächlich unter Beihilfe des Mitherausgebers, im Sinne einer moderneren Gestaltung des Ganzen bearbeitet worden. Auf knappem Raume ist hier ein außerordentlich reichhaltiges Material aus der ins Unübersehbare angewachsenen organischen Chemie in übersichtlicher Gruppierung, mit treffenden kurzgefaßten theoretischen Erörterungen geboten — ohne Versuchsbeschreibungen und Figuren, dafür aber durchsetzt mit zahlreichen Literaturnachweisen und historischen Notizen. Es soll allerdings nicht verschwiegen werden, daß die Knappheit des Buches z. T. auf einer etwas zu reichlichen Verwendung von Kleindruck beruht. Das vorzüglich gearbeitete Register — 35 Seiten in Kleindruck — ist besonders rühmend hervorzuheben. Das Buch sei allgemeinerer Beachtung empfohlen. *O.*

Lehrbuch der Chemie für höhere Lehrerinnen-Seminare. Von Prof. Dr. F. v. Lengerken in Danzig. 1. Teil Unorganische Chemie mit Einschluß der Mineralogie und Geologie. Mit 151 Abb. 333 S. 2. Teil Organische Chemie. Mit 10 Abb., 99 S.

Der erste Eindruck des Buches geht dahin, daß der Umfang besonders des unorganischen Teils viel zu weit gewählt ist. Wären beide Teile vereinigt, was eigentlich das Gegebene ist, so läge ein Buch von 432 Seiten vor. So erfreulich es ist, daß jetzt im Ober-Lyzeum ein wenig mehr Chemie als früher getrieben werden kann, so sollte man hier nicht gleich die Ziele zu hoch stecken und das Fach nicht überlasten, da es der Seminaristin an schwierigen und wichtigen Aufgaben, die erfüllt werden müssen, wahrlich nicht fehlt. Das Chemiebuch für höhere Seminare sollte so eingerichtet sein, daß sich die zukünftige, ans Examen gehende Lehrerin wirklich darin zurecht findet, und es auch gern zur Hand nimmt, um sich den Gang mit seinen Hauptergebnissen noch einmal zu vergegenwärtigen. Das ist hier kaum möglich. Bedauernswert die Seminaristin, die in dieser Verlegenheit den an den Anfang gestellten, wenn auch nur 14 Seiten umfassenden „Allgemeinen Teil" mit theoretischen Erörterungen über die Atomtheorie, Stöchiometrie, Allotropie, Atomverkettung usw. glaubt memorieren zu müssen. Dieser Teil ist ganz überflüssig, ein Seitenstück zu der berüchtigten „Einleitung" der früheren systematischen Lehrbücher. Die Gesetze und Theorien müssen an bestimmten Stellen des Lehrganges aus den Versuchen herauswachsen, zusammen mit diesen haften sie auch am besten im Gedächtnis; losgelöst aus dem lebendigen Zusammenhang der begründenden Experimente und Erläuterungen, bilden sie einen toten, kaum aufnehmbaren Memorierstoff. Die Fassungen in diesem „Allgemeinen Teil" sind auch mehrfach nicht glücklich — z. B. lautet das „Gesetz von den konstanten Proportionen: Eine bestimmte chemische Verbindung enthält stets dieselben Bestandteile in demselben unabänderlichen Gewichtsverhältnis" (S. 4) — teilweise sogar sehr zu beanstanden, besonders beim Begriff „Molekulargewicht". Da heißt es geradezu, daß „das Molekül Sauerstoff" den Raum von 22,3 l einnimmt! (Die überdies ungenaue Zahl — statt der abgekürzten 22,4 — rührt daher, daß beim Sauerstoff der veraltete Wert von 1,4336 g zugrunde gelegt ist.) Indem auch weiterhin Mol und Molekül verwechselt ist, kommt schließlich der Satz heraus: „Ein Molekül eines jeden Gases nimmt den Raum von 22,3 l ein" (S. 8). — Logisch ungenau ist der Satz, daß die — doch nur auf Grund der Gewichtsgesetze aufgestellten — chemischen Gleichungen „beim Vergleichen beider Seiten" „eine schöne Bestätigung des Gesetzes von der Erhaltung des Stoffes und des Gewichtes" ergeben. Die 4 Aufgaben zur Stöchiometrie sind mehrfach mit Fehlern behaftet; in Nr. 3 wird der soeben für 25 g Zink berechnete Wasserstoff (0,76 g) auf 65,4 g Zink bezogen, wodurch die dreifach fehlerhafte Zeile entsteht „65,4 Gewichtsteile [statt g] Zink liefern 0,76 g Wasserstoff = 22,3 l"!

Der eigentliche Lehrgang beginnt ohne weitere Vorbereitung mit dem „Wasserstoff" (S. 15). Kennzeichnend für die Behandlung ist der Satz, mit dem der Abschnitt „Darstellung" beginnt: „Man gewinnt den Wasserstoff am einfachsten [!] aus dem Wasser, indem man es ansäuert und den elektrischen Strom hindurchleitet". An diesen Versuch schließt sich sogleich die Darstellung mittels Natrium usw. An den Abschnitt „Eigenschaften" schließt sich — viel zu frühzeitig — ein Abschnitt „Basis, Salz, Säure" (S. 18). Dann folgt der „Sauerstoff" und die „Verbrennung". Hier ist die Tabelle zur „Verbrennungswärme zu beanstanden; der Satz „Wasserstoff erzeugt bei seiner vollständigen Verbrennung zu Wasser 34 400 Wärmeeinheiten" ist ohne Mengenangabe unzulässig; soll aber die Gewichtseinheit (1 g)

ergänzt werden, dann ist die Sache wieder irreführend, denn unmittelbar vorher ist als „Wärmeeinheit" die Kilogramm-Kalorie aufgestellt. Experimentell mehrfach mangelhaft ist die Darstellung von Sauerstoff aus Kaliumchlorat nach Fig. 14, wo z. B. die Wärmequelle — die man jeden Augenblick muß schnell entfernen können — eine am Stativ fest angebrachte Lampe ist. Auf den schematischen Abschnitt „Verbindungen des Sauerstoffs" folgt — ebenfalls zu frühzeitig — ein Abschnitt „Neutrale, saure, basische und Doppelsalze". Nach einer zweckentsprechenden Behandlung des Wassers folgt der Stickstoff. Es sind nämlich Wasser, Sauerstoff und Stickstoff zu einem besonderen Kapitel: „Gruppe der drei Hauptgase" vereinigt. Wir können weder in der Vereinigung dieser Gase noch in der Benennung der Gruppe einen glücklichen methodischen Griff sehen; auch die erste Motivierung (S. 67), „weil ihre Moleküle zweiatomig sind, und weil sie sich überaus schwer zu einer Flüssigkeit verdichten lassen", ist recht schwach. Die bessere Begründung, weil sie „Wasser und Luft bilden", ist nicht ausreichend, den Sauerstoff vom Schwefel und den Stickstoff von seinen Verwandten abzutrennen. In der weiteren systematischen Behandlung der „Nichtmetalle" und der „Metalle", die meist nach dem Schema „Darstellung", „Eigenschaften", „Verbindungen" erfolgt, vermögen wir bemerkenswerte, von der herkömmlichen systematischen Behandlungsweise abweichende Gedanken nicht zu erkennen. Wir glauben nicht, daß der Chemieunterricht der Höheren Lehrerinnen-Seminare eine gesunde Entwicklung nimmt, wenn er sich in den Bahnen der älteren systematischen Lehrbücher bewegt.

Der organische Teil ist, besonders hinsichtlich der praktischen Anwendungen gewisser Stoffe und Vorgänge, entschieden besser gelungen. Die Zahl der Abbildungen könnte vermehrt werden; S. 24 steht für das Chloroform die Formel des Chlorals; der Aldehyd und der Formaldehyd sind keine Neutra (S. 23, 24). *O.*

Physik und Chemie in Aufgaben mit Einleitungen und Lösungen. Für Mittelschulen und zum Selbstunterrichte. Von H. Mohs, Lehrer an der städt. Gewerbeschule in Leipzig. Leipzig, F. Brandstetter (ohne Jahreszahl).

Das Büchlein ist eine nützliche Zusammenstellung einfacher Aufgaben und Erläuterungen, die gewerblichen und technischen Mittelschulen gute Dienste leisten wird. Verbindungsgewicht und Äquivalentgewicht gleichzusetzen, ist nicht statthaft; das hypothesenfreie Verbindungsgewicht ist vielmehr gleich dem hypothetischen Atomgewicht. Das elektrochemische Äquivalent des Wasserstoffs wird besser nicht dem Gewichte, sondern dem Raume nach angegeben. *O.*

Programm-Abhandlungen.

Erdrotation und Lichtfortpflanzung. Von Otto Figur. Mit 6 in den Text gedruckten Abbildungen. IX. Realschule zu Berlin, Ostern 1913. 28 S. Pr. Nr. 172.

Die Schrift kann angesichts der heutigen Kontroversen über die Relativitätstheorie ein besonderes Interesse für sich in Anspruch nehmen. Der Verfasser weist die eigentümlichen Paradoxien auf, zu denen die herkömmlichen Auffassungen vom wahren und scheinbaren Ort der Gestirne führen; er unterscheidet scharf zwischen kinematischen und mechanischen Bezugssystemen und erörtert von diesem Standpunkt die mechanischen Beweise für die Erdrotation; er schafft durch klare Begriffsbestimmungen eine sichere Unterlage zur Verständigung in den oft verworrenen Diskussionen über das Relativitätsprinzip; und er entwickelt endlich hieraus ein optisches Analogon zu den mechanischen Erdrotationsbeweisen, indem er dartut, daß unter gewissen Voraussetzungen das außerirdische Licht relativ zur rotierenden Erde nicht geradlinig läuft, sondern eine Krümmung erfährt, deren Betrag möglicherweise innerhalb der Grenzen des experimentellen Nachweises liegt. Man darf der in Aussicht gestellten ausführlicheren Veröffentlichung über den Gegenstand mit Spannung entgegensehen. *P.*

Nachrichten über das neue Gebäude für den naturwissenschaftlichen Unterricht und über den Betrieb der naturwissenschaftlichen Schülerübungen. Von R. Potinecke, H. Herbst, R. Nelson, A. Popofsky. 36 S. und 9 Tafeln. Guericke-O.-R. zu Magdeburg. Ostern 1913. Pr. Nr. 380.

Das neue Gebäude ist etwa 200 Schritt von dem Hauptschulgebäude entfernt und enthält im Parterre und 1. Stock die Räume für das von der O.-R. abgetrennte Reform-R.-G., im 2. und 3. Stock die für die O.-R., und zwar ist der 2. Stock der Chemie und Biologie, der 3. der Physik zugewiesen. Die

Physikräume bestehen in 1 Unterrichtszimmer für 36 Schüler, 1 Vorbereitungsraum (9 : 7,26) mit 4 Arbeitstischen für die Lehrer, 1 Schülerübungsraum (9 : 7,26) mit 24 Plätzen, 2 Sammlungszimmern (je 9,72 : 7,26), 1 Dunkelkammer und 1 Werkstatt. Die Räume für Chemie und Biologie zusammen sind ebenfalls groß, nur mit dem Unterschied, daß an Stelle des einen physikalischen Sammlungszimmers ein biologischer Übungsraum gesetzt ist. Die Ausstattung der Räume ist, Dank der Freigebigkeit der Stadtverwaltung und privater Gönner, eine beneidenswert reiche. Die elektrische Anlage besteht in einer Gleichstromdynamo in Verbindung mit einem Drehstrommotor zur Transformation des zur Verfügung stehenden Starkstroms in Gleichstrom; dazu treten 60 Akkumulatoren der Hagener A.-G., die bei 18 Ampere Maximalstromstärke 54 Amperestunden leisten und zu je 15 in Serie geschaltet sind.

Die physikalischen Schülerübungen sind für alle Schüler verbindlich und beginnen schon in O III; die Schüler arbeiten in 2 Abteilungen je 2stündig, und zwar alternierend vierzehntägig, indem die Stunden parallel zu den chemischen Übungen oder zum Linearzeichnen gelegt sind. Es wird auch die bisher getroffene Auswahl der Übungen mitgeteilt, die sich auf eine naturgemäß geringe Zahl beschränkt. Die Erfahrungen bestätigen auch hier den Vorteil der Frontübungen.

Bei den chemischen Schülerübungen wird betont, daß diese möglichst in den Mittelpunkt des Unterrichts gestellt werden sollen. Die Übungen sind bisher in gleicher Front ausgeführt worden, doch soll bei steigender Sicherheit im Arbeiten auch zu geteilten Arbeitsaufgaben übergegangen werden.

Für die biologischen Übungen ist ein sehr ausführlicher Unterrichtsgang mitgeteilt. In betreff der Einzelheiten sei auf die Abhandlung selbst verwiesen. *P.*

Die Neueinrichtung der Räume für den naturwissenschaftlichen Unterricht. Von Max Sitte. 14 S. und 3 Tafeln. Städt. Gymn. mit Realsch. zu Greiz. Ostern 1913. Pr. Nr. 1012.

Die neuen Räume sind 1 Unterrichtszimmer für Physik (10,9 : 5,9) mit 30 Plätzen in 3 Reihen, 1 Vorbereitungszimmer mit 2 großen Tischen, 1 Sammlungszimmer für Physik, 1 Werkstatt, 2 kleinere Sammlungszimmer für Chemie und Mineralogie sowie für Biologie, 1 Unterrichtszimmer für Chemie und Biologie (ca. 48 qm), in dem auch Schülerübungen in Chemie und Biologie abgehalten werden sollen. Der elektrische Strom wird dem städtischen Starkstromnetz von 2 × 110 Volt entnommen; daneben ist eine Akkumulatorenbatterie von 10 Zellen mit besonderem Schaltbrett vorhanden. Über die Benutzung der Schalttafeln werden eingehendere Angaben gemacht. Der Verfasser schließt seine Darstellung mit dem Wunsch nach Einführung von Schülerübungen, die ja an vielen Gymnasien bereits seit längerer Zeit bestehn. *P.*

Die Räume für den naturwissenschaftlichen Unterricht. Von W. Büchel. M. Norden, M. Schmidt. 40 S. und XI Tafeln. Oberrealschule u. Realschule zu Eppendorf, Hamburg. Ostern 1913.

Nach Vollendung eines Erweiterungsbaus sind für die Physik 7 Räume vorhanden, nämlich 2 Lehrzimmer, 1 Raum für Schülerübungen (11 : 6,80), 2 Sammlungszimmer (zugleich Vorbereitungszimmer), 1 Werkstatt, 1 Verwalterzimmer (zugleich Dunkelkammer). Die elektrische Anlage ist an ein Dreileiter-Gleichstromnetz angeschlossen; ferner sind 7 tragbare Akkumulatorenbatterien von je 3 Zellen (von der Varta A.-G. in Oberschöneweide bei Berlin) vorhanden. Dem chemischen Unterricht dienen 1 Apparatezimmer, 1 Vorbereitungszimmer, 1 Lehrzimmer, 1 Übungszimmer (66 qm), 1 Schwefelwasserstoffzimmer, 1 Verwaltungszimmer, 1 Mineralienzimmer. Dem biologischen Unterricht sind 6 Räume zugewiesen. Der Bericht hierüber enthält auch nähere Angaben über die zweckmäßigste Projektionseinrichtung. *P.*

Versammlungen und Vereine.

Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts.

XXII. Hauptversammlung in München, 12. bis 15. Mai 1913.

Die 1. allgemeine Sitzung fand am 13. Mai in der Aula der Technischen Hochschule statt. Staatsrat von Steiner hieß die Versammlung im Namen des Kgl. bayrischen Kultusministeriums willkommen und stellte in Aussicht, daß bei der bevorstehenden Neuordnung des Lehrplans der Gymnasien auch den mathematischen und naturwissenschaftlichen Fächern ein weiterer Spielraum als bisher zugemessen

werden würde. Danach begrüßten Oberstudienrat Dr. Kerschensteiner die Versammlung im Namen der Stadt München, Geh. Hofrat Prof. Dr. Günther im Namen der Technischen Hochschule, Prof. Dr. Wührer im Namen des bayrischen Realschulmännervereins und des bayrischen Gymnasiallehrervereins, Prof. Dr. Döhlemann im Namen des Ortsausschusses. Nach der Erwiderung des Vereinsvorsitzenden Direktor Dr. Thaer hielt Prof. Dr. Döhlemann den ersten Vortrag „über den Bildungswert der reinen Mathematik" (abgedruckt in den Unterrichtsbl. 1913, Heft 4).

Darauf sprach Oberstudienrat G. Kerschensteiner über „den Erziehungswert der Naturwissenschaften und ihre Stellung in der Schulorganisation". Der Erziehungswert bestehe nicht sowohl in der Aneignung bestimmter Kenntnisse, als in der Ausbildung gewisser Gewohnheiten, die den Charakter kennzeichnen, vor allem der Gewohnheit des strengen logischen Denkens. Daß die alten Sprachen hierzu ein vorzügliches Mittel bieten, erläuterte der Vortragende an einem Pindarspruch, und stellte dem als physikalisches Beispiel die Bearbeitung des folgenden Problems gegenüber: „Ein Schüler wäscht Bechergläser in heißer Seifenlauge; er stürzt die Gläser auf eine Glasplatte und bemerkt, daß am Rande der Gläser Blasen erscheinen, die allmählich unter dem Rande in das Glas hineinkriechen. Wie ist die Erscheinung zu erklären?" Es wurde nun gezeigt, daß in beiden Fällen der Denkprozeß im wesentlichen derselbe ist; er besteht in folgenden vier Schritten: der Fragestellung, der Aufstellung von Vermutungen, der Prüfung der Vermutungen auf ihre Richtigkeit, und endlich der Verifikation der als wahrscheinlichste erkannten Vermutung. Letzteres geschieht auf sprachlichem Gebiet durch Prüfung des logischen Zusammenhangs, auf naturwissenschaftlichem durch das Experiment. Nach Ansicht des Vortragenden wird dies Verfahren im naturwissenschaftlichen Unterricht noch nicht hinreichend ausgeübt. Namentlich bei den praktischen Übungen sollte darauf gesehen werden, daß der Schüler seinen Weg selbständig finde und die Schwierigkeiten durch eigenes Nachdenken aus dem Wege räume. Daß dies bisher nicht geschehe, glaubte der Vortragende an einem Beispiel aus Hahns Handbuch nachweisen zu können. (Er übersieht dabei aber, daß gerade Hahn ausdrücklich die Vorbereitung der Übungen durch Erörterung des betreffenden Problems fordert — man vergleiche das Handbuch, 1. Aufl., S. 472 — wovon freilich im Buch nicht bei jeder einzelnen Aufgabe die Rede sein kann, da dieses nur zur Ausführung der Versuche anleiten will; Kerschensteiner beanstandet freilich auch die Ausführlichkeit dieser Anleitungen, ohne zu bedenken, daß auch die Erziehung zum sorgfältigen Arbeiten und Beobachten eine wichtige Seite dieser Übungen ausmacht.) Wegen der weiteren überaus wertvollen Darlegungen des Vortragenden müssen wir auf die noch zu erwartende Veröffentlichung des Vortrages verweisen. —

Die 2. allgemeine Sitzung fand am Nachmittag desselben Tages im großen Hörsaal der Technischen Hochschule statt. Es wurde eine Reihe von Spezialreferaten zu dem von Kerschensteiner behandelten Thema erstattet. Es sprachen Prof. Dr. Walther (Halle) über Geologie, Dr. Kupper (München) über Botanik, Dr. B. Schmid (Zwickau) über Zoologie, Prof. Dr. Geistbeck (Kitzingen) über Erdkunde, Prof. K. T. Fischer (München) über Physik. Aus dem letzten dieser Referate sei folgendes hervorgehoben: Die Hauptbedeutung des Physikunterrichts liegt in der Auffindung von Gesetzmäßigkeiten, die sich aus den Beobachtungen ergeben. Man müsse unterscheiden: 1. Näherungsgesetze, wie das Gesetz von Boyle, 2. Gesetze, die sich als um so richtiger erweisen, je genauer ihre Prüfung vorgenommen wird, wie die Faradayschen Elektrizitätsgesetze, 3. mehr beschreibende Gesetze, die keinen Größenzusammenhang lehren, z. B. daß im ruhenden Felde die elektrische Kraft senkrecht zur geladenen Oberfläche steht. Die Grundform der physikalischen Gesetze ist jedoch die mathematische Größenbeziehung, daher ist es nicht möglich, Physik ohne Mathematik zu treiben oder zu lehren. (Daß der Vortragende auch gegen den Grundsatz I der Meraner Lehrpläne für Physik polemisierte, dürfte auf einem Mißverständnis beruhen; jener Grundsatz wendet sich nur gegen die einseitige Mathematisierung der Physik, wie sie früher wohl allgemein üblich war.) In den Schülerübungen soll der Schüler angeleitet werden, seine Beobachtungen kritisch anzustellen, dafür ist einerseits ausreichende Zeit erforderlich, anderseits aber ist der Stoff angemessen zu begrenzen. Schließlich wies der Vortragende auf die wichtige Rolle der Phantasie hin, deren Anregung im Unterricht nicht außer acht zu lassen sei, und forderte einen intensiven Betrieb der Naturwissenschaften auch an den humanisti-

schen Gymnasien. — In der anschließenden Diskussion nahmen Poske und Grimsehl den verdienstvollen Verfasser des Handbuchs für Schülerübungen, H. Hahn, gegen die Angriffe Kerschensteiners in Schutz; Poske rechtfertigte überdies, daß die physikalischen Lehrbücher nicht auf die Problembearbeitung im Sinne Kerschensteiners eingingen, da dies Sache des lebendigen Unterrichts sei; in diesem müßten die Wege zur Lösung eines Problems mit den Schülern gemeinsam aufgesucht werden; sie im Lehrbuch vorschreiben, hieße die Probleme totschlagen. Er machte auch darauf aufmerksam, daß in den gehörten Vorträgen und Referaten die Astronomie nicht gebührend berücksichtigt worden sei und erinnerte an Höflers Bestrebungen, diesen Gegenstand in den gesamten Unterrichtsgang einzugliedern. Grimsehl wies darauf hin, daß Denkaufgaben in deutschen Lehrbüchern und in unserer Zeitschrift vielfach zusammengestellt seien; er erklärt sich auch dafür, daß neben der methodischen Erarbeitung von Unterrichtsstoff eine Reihe von Kenntnissen den Schülern einfach mitgeteilt werde, damit das gesamte Wissen in der Physik nicht bruchstückartig bleibe, sondern Zusammenhang und Einheit gewinne. Witting hob hervor, daß wir Methoden finden müßten, die uns schneller vorwärts bringen. Speyerer (München) machte interessante Bemerkungen über Goethes Farbenlehre. Schäfer (Friedberg) beklagte die Vernachlässigung der mathematischen Geographie im Lehrplan der höheren Schulen. Seith (Freiburg) warnte vor Überschätzung des Wissens und vor Überfütterung der Schüler mit Kenntnissen; man dürfe nicht von unten auf alle Fächer gleichzeitig nebeneinander treiben. Kerschensteiner erkannte im Schlußwort die Bedeutung der Leistungen Hahns an; er regte auch an, für den Schulgebrauch eine größere Zahl von Denkaufgaben zusammenzustellen (man vgl. dazu den Anhang zur Unterstufe der Naturlehre von Höfler und Poske); angesichts der Vielseitigkeit der Schulforderungen befürwortete er auch bei dieser Gelegenheit, daß man sich dazu entschließen müsse, die Schulen nach der Art der Begabung der Schüler noch mehr als bisher zu differenzieren.

Am 14. Mai fand zuerst eine Geschäftssitzung statt, in der die ausscheidenden Vorstandsmitglieder Heß, Poske und Schmid durch Zettelwahl wiedergewählt und Braunschweig zum Ort der nächsten Hauptversammlung bestimmt wurde.

In der 3. allgemeinen Sitzung hielt Prof. S. Günther einen Vortrag über „Das geschichtliche Element im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht". Er führte aus, daß in vielen Fällen der enge Anschluß an die geschichtliche Entwicklung auch die beste didaktische Behandlung ergebe. So könne in der Physik die Lehre vom Luftdruck an Galilei, Torricelli und Guericke anknüpfen, in der Chemie am Beispiel der Verbrennungsvorgänge die historische Entwicklung der Kenntnisse zur Grundlage der Betrachtung gemacht werden; in der Astronomie lasse sich die historische Methode am vollkommensten durchführen. „Auf der Unterstufe gehören alle modernen komplizierten Demonstrationsmittel in den Giftschrank." Aus der Geschichte der Mathematik wurde eine Reihe von Einzelbeispielen vorgeführt. — Herr Prof. von Dyck sprach über die „Unterrichtsziele des deutschen Museums", und wies hierbei auf die Schülerstipendien hin, die auch auswärtigen Schülern den Besuch des Museums ermöglichen. Im Jahre 1912 wurde das Museum von nicht weniger als 26000 Schülern besucht. — Danach hielt Dr. A. Schmauss, Direktor der meteorologischen Zentralstation, einen Vortrag über „neuere Erkenntnisse der Meteorologie und ihre Verwertung". (Man sehe den Wortlaut des Vortrages in Unterrichtsbl. Nr. 5 und Monatshefte Nr. 6 7.) Für den Unterricht beachtenswert ist daraus besonders die Forderung, nur positives Wissen in den Unterricht aufzunehmen, aber die Wettervorhersage nicht in den Kreis der Betrachtung zu ziehen. — Es folgte ein Vortrag von Hess (Nürnberg) „über Fortbildungssemester für Lehrer an höheren Schulen". Über den Vortrag vgl. man Unterrichtsbl. Heft 5, über den daran anschließenden Beschluß der Versammlung ebd. Heft 4. —

In der 4. allgemeinen Sitzung am Nachmittag des zweiten Tages sprach Oberregierungsrat Dr. End vom bayrischen Kultusministerium „über Erfahrungen über den physikalischen und chemischen Unterricht an den bayrischen Real- und Oberrealschulen". Ein eingehender Bericht ist in diesem Heft der Zeitschrift S. 317 gegeben. — Danach behandelte Brüsch (Lübeck) „die Frage der direkt in den Unterrichtsgang eingefügten chemischen und physikalischen Schülerübungen auf allen Klassen des Gymnasiums" (abgedruckt in den Monatsheften f. d. naturw.

Unterricht). Aus einer Rundfrage des Vortragenden an alle R.-G. und R.-Pr.-G. mit Einschluß der Auslandsschulen hat sich ergeben, daß an der weitaus größeren Zahl der Anstalten (196 von 264) Übungen eingerichtet sind, an Voll-R.-G. ist das Verhältnis 182 : 212. Es sind nur physikalische oder chemische oder beiderlei Arten von Übungen an 124 Anstalten eingerichtet, chemische Übungen an 152, biologische an 83 (bzw. 92) Anstalten. Allerdings überwiegen noch die wahlfreien Übungen (Physik 81, Chemie 97), während man verbindliche Übungen in besonderen Stunden nur an einer geringen Zahl von Anstalten (je 24 für Physik und Chemie) eingeführt hat. Der Vortragende befürwortet, daß die Übungen verbindlich gemacht, aber in den normalen Unterricht hineingelegt werden, ohne wesentliche Vermehrung der für ihn angesetzten Stunden. „Gerade in der zwanglosen Eingliederung der Übungen in den regelmäßigen Unterrichtsgang, in ihrem folgerichtigen Herauswachsen aus diesem besteht der Wert der Schülerübungen." Genaueres über die Art der Eingliederung hat der Vortragende in der Programm-Abhandlung des Johanneums zu Lübeck Ostern 1913 (Pr. Nr. 1023) mitgeteilt. — Zum Schluß berichtete Löffler (Schwäb. Hall) über die neuen württembergischen Lehrpläne für die höheren Knabenschulen (man vgl. „Aus der Natur" 1913, Heft 10/11). In der anschließenden Diskussion fanden namentlich die Ausführungen von W. End fast durchweg lebhafte Zustimmung.

In Abteilungssitzungen sprachen dann: Lötzbeyer (Berlin) über „die Berücksichtigung der politischen Arithmetik im mathematischen Unterricht und ihre Bedeutung für die staatsbürgerliche Bildung und Erziehung"; Schotte (Chemnitz) über „Wellenoptik im elementaren Unterricht mit Demonstration der neuesten Wasserwellenmaschine von Weinhold" und Wimmer (München) über „Hilfsmittel für den biologischen Unterricht und Vorführnng von Einrichtungen zur Projektion und Mikroprojektion".

In der 5. allgemeinen Sitzung am 15. Mai hielt Prof. K. T. Fischer einen Vortrag mit Demonstrationen über „physikalische Unterrichtsmittel für Tieftemperaturen". Der Vortragende erläuterte die Gesetze der Abhängigkeit des Schmelzpunkts vom Druck und demonstrierte mit Hilfe von Thermoelementen die Erniedrigung des Gefrierpunkts des Wassers durch Druckerhöhung. Danach wurde das Problem der Gasverflüssigung historisch erörtert und dabei der große Einfluß des von Linde 1895 ersonnenen Verfahrens auseinandergesetzt. Mit einem Olszewskischen Apparat wurde Stickstoff aus einer Stahlflasche unter Benutzung eines Reduzierventils bei 3 Atm. Druck verflüssigt und dieser durch Erniedrigung des Drucks bis auf 94 mm in festen Stickstoff verwandelt. Der Vorgang konnte sowohl im Projektionsbild als auch direkt mit dem Auge verfolgt werden. Dem Vortragenden wurde für die geschickte und übersichtliche Vorführung reicher Beifall gezollt. — Grimsehl (Hamburg) zeigte darauf noch einige für Schülerübungen geeignete kleine Leydener Flaschen, mit denen sich die Hintereinanderschaltung elektrostatischer Spannungen bequem demonstrieren läßt.

Im Anschluß an die Sitzung fand unter Führung von Prof. Schröter eine Besichtigung der neuen, erst zum Teil fertigen Maschinenlaboratorien der Technischen Hochschule statt, und danach ein Besuch des Laboratoriums für technische Physik, über das der Direktor Prof. Knoblauch einen einleitenden Vortrag hielt. Gleichzeitig fanden spezielle Führungen im Deutschen Museum und in verschiedenen staatlichen und städtischen Schulen statt. Der Nachmittag vereinigte die Mehrzahl der Teilnehmer zu einem Ausflug an den Starnberger See.

Am 16. Mai fanden Fortbildungsvorlesungen und Exkursionen statt. Im Institut für theoretische Physik hielt Prof. Sommerfeld einen Vortrag über „unsere gegenwärtige Anschauung über Röntgenstrahlung und Demonstration der Interferenzerscheinungen an Kristallplatten". (Der überaus lichtvolle Vortrag ist in der Zeitschrift „Die Naturwissenschaften" 1913, Nr. 30 erschienen.) Danach demonstrierte und erläuterte Herr Dr. Friedrich die Erscheinungen der Interferenz von Röntgenstrahlen an Kristallen und die Beugungsringe bei quasiisotropen Substanzen. — Herr Dr. Dacqué sprach über „Paläogeographie" und unternahm im Anschluß daran eine Exkursion nach Schliersee und auf die Rotwand zur Demonstration des Aufbaus der oberbayrischen Alpen. — In der technischen Hochschule hatte Prof. Fischer eine Reihe von physikalischen Unterrichtsmitteln aufgestellt, die er am Nachmittag des letzten Tages erläuterte. *P.*

Berliner „Vereinigung für biologischen, chemischen und erdkundlichen Unterricht".

Ortsgruppe des Vereins zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts.

(*Versammlungen am 5. März und 23. April 1913.*)

Das Hauptthema der Verhandlungen bildeten beidemal „Die chemischen Schülerübungen". Referenten waren die Herren A. Krause und O. Ohmann.

Auf den Inhalt der Vorträge der Referenten sowie der Diskussion werden wir an anderer Stelle dieser Zeitschrift später zurückkommen. An der lebhaften Diskussion beteiligten sich außer den Referenten die Herren v. Hanstein, Wetekamp, Ramme, Bahrdt, Lachmann, Hirsch, Müller (Reinickendorf) u. a. Heut seien nur die vom Referenten O. Ohmann aufgestellten und von der Versammlung revidierten Leitsätze wiedergegeben, auf die man sich am Schlusse einigte:

1. Die chemischen Schülerübungen der Realvollanstalten dürfen nicht unabhängig vom Klassenunterricht neben diesem einhergehen, sondern sind obligatorisch in diesen einzugliedern.
2. Chemischer Klassenunterricht und chemische Schülerübungen müssen in engstem sachlichen Zusammenhange stehen und sich gegenseitig befruchten; innerhalb derselben Klasse müssen daher beide stets in einer Hand liegen.
3. Bei der großen Bedeutung, welche chemische auf Grund eigener Tätigkeit erworbene Einsichten sowohl für das praktische Leben wie auch für die körperliche Gesundheit haben, sind für alle Schüler der Nichtvollanstalten chemische Schülerübungen unerläßlich.
4. An den Gymnasien sind aus denselben Gründen chemische Schülerübungen bereits in der U II anzusetzen. Auf der Oberstufe sind in den biologischen Kursus einige organisch-chemische Schülerversuche einzugliedern.
5. An den Seminarien sind gründliche chemische Übungen besonders deshalb notwendig, um dem künftigen Volksschullehrer diejenige Sicherheit im Experimentieren zu geben, die in seinem späteren chemischen Unterricht Unfälle nach Möglichkeit ausschließt.

Hierzu wurde noch aus der Versammlung der weitere Zusatz gemacht:

6. Bei einer Revision der Lehrpläne ist sowohl auf den chemischen wie auch auf den biologischen Unterricht hinsichtlich der praktischen Übungen genügend Rücksicht zu nehmen. An den Reform-Realgymnasien ist der chemische Unterricht in U II wiederherzustellen.

O.

Ferienkurs an der Universität Erlangen.

Zu dem Ferienkurs, der vom Montag, den 14. Juli, bis Sonnabend, den 19. Juli, stattfand, hatten sich 47 Teilnehmer eingefunden. An dem letzten Drittel des Ferienkurses nahm Herr Oberregierungsrat Dr. End vom Kgl. Staatsministerium teil.

Folgende Vorträge und Übungen wurden abgehalten: Herr Geheimrat Dr. E. Wiedemann: Apparate des Altertums und des Mittelalters; Fortschritte der Technik und Entwicklung der Naturwissenschaften. Herr Professor Dr. R. Reiger: Atomistische Struktur der Elektrizität. (Leitungs- und Verschiebungsionen; Quantentheorie.) Herr Privatdozent Dr. J. Würschmidt: Physik der Legierungen. Herr Dr. J. Frank: Kolloide und ihre physikalischen Eigenschaften. Herr Diplomingenieur Dr. E. Hauser: Elastische Eigenschaften fester Körper. Herr Geheimrat Dr. O. Fischer: Neues aus dem Gebiete der physiologisch-biologischen Chemie. Herr Professor Dr. Busch: Neuere Errungenschaften der technischen Chemie. Herr Professor Dr. Henrich: Theorien der organischen Chemie. Herr Professor Dr. E. Jordis: Theoretische Grundlagen der anorganischen Chemie. Herr Professor Dr. Lenk: Neuere Anschauungen über die Bildungsweise der Mineralien in der Natur. Herr Privatdozent Dr. R. Baldus: Beeinflussung der euklidischen Geometrie durch die nichteuklidische.

Unter der Leitung von Herrn Professor Dr. Reiger und Dr. Frank wurden am Montag und Mittwoch nachmittags ein elektrotechnisches Praktikum abgehalten und Vermessungsübungen ausgeführt, die von Herrn Privatdozent Dr. Würschmidt und Herrn Dr. Hauser geleitet wurden.

Am Dienstag Nachmittag wurde die Kgl. Oberrealschule *Nürnberg* besucht. Dort hielt Herr Professor Koch einen Vortrag über physikalische und Herr Professor Dr. Küspert einen Vortrag über chemische Schülerübungen, während Herr Dr. Wagner über die Hilfsmittel des biologischen Unterrichts berichtete und dabei besonders das lebende Material im Unterricht betonte.

Der Donnerstag Nachmittag war dem Besuch der Fabrik elektromedizinischer Apparate der Reiniger, Gebbert & Schall A.-G. gewidmet. Bei der Besichtigung des Etablissements wurden die neuesten Apparate auf dem Gebiete der Elektromedizin und der Röntgentechnik im Betriebe gezeigt.

Am Freitag Nachmittag wurden im chemischen Laboratorium von Herrn Geheimrat Dr. O. Fischer, Herrn Prof. Dr. Henrich und Herrn Prof. Dr. Jordis Demonstrationen vorgeführt.

Anschließend an den Vortrag des Herrn Dr. Hauser führte Herr Prof. Dr. Pospieloff aus Tomsk die Brownsche Molekularbewegung in objektiver Weise vor.

Am Freitag abends vereinigte eine gesellige Zusammenkunft die Herren Dozenten und Teilnehmer des Ferienkurses zu anregendem Gedankenaustausch. Den Schluß des Ferienkurses bildete ein geographisch-geologischer Spaziergang von Erlangen über Spardorf nach Marloffstein, der von Herrn Prof. Dr. Lenk und Prof. Dr. Volz geleitet wurde.

Adami.

Mitteilungen aus Werkstätten.

Demonstrationsapparat für das Boyle-Mariottesche Gesetz nach H. Lohmann.

Von Koch & Sterzel und Meiser & Mertig in Dresden.

Von den mancherlei für dieses Gesetz konstruierten Demonstrationsapparaten unterscheidet sich der vorliegende durch die Art der Quecksilberzuführung und durch die Ablesevorrichtung. In Fig. 1 ist der Apparat schematisch, in Fig. 2 dessen oberer Teil im Maßstab 1 : 14 dargestellt.

Fig. 1. Fig. 2.

Das Quecksilber wird in dem Behälter B aufbewahrt und kann vermittels des Zughahnes AZ in das Rohr $R_1 R_2$ abgelassen werden. Dabei ist der Hahn H_2 geschlossen, H_1 geöffnet. Nachdem man so ein bestimmtes Luftquantum (v_1, etwa 40 ccm) in dem Rohr R_1 erhalten hat, schließt man H_1 und läßt aus B weiter Quecksilber ausfließen. Hierdurch wird das Volumen v_1 in R_1 zusammengepreßt. Man bringt nun den Nullpunkt des 80 cm langen Schiebers (Sch) an die Quecksilberkuppe in R_1 und liest die Höhe der Überdrucksäule in R_2 am Schieber direkt ab. Um auch für Volumenvergrößerung das Gesetz zu bestätigen, stellt man unter Öffnen von H_1 ein kleines Luftvolumen (etwa 20 ccm) her und schließt dann H_1. Hierauf öffnet man H_2 und läßt daß Quecksilber aus diesem Hahne in ein darunter gestelltes Gefäß ausfliesen. Die Höhe der Unterdrucksäule in R_2 liest man dann ab, indem man den Nullpunkt des Schiebers auf den Meniskus in R_2 einstellt. Natürlich lassen sich bei H_1 in das Rohr R_1 andere Gase einführen und Trockenapparate ansetzen. Das Quecksilber wird nach den Versuchen bei H_2 abgelassen. Den Apparat kann man auch gut für Demonstration des Quecksilberbarometers verwenden. Zu dem Zwecke läßt man bei geöffnetem Hahne H_1 und geschlossenem H_2 so viel Quecksilber aus B fließen, daß R_1 völlig gefüllt wird. Nun schließt man H_1 und öffnet H_2. Nachdem die barometrische Höhendifferenz der beiden Quecksilberniveaus erreicht ist, beginnt auch in R_1 das Quecksilber zu sinken; die Niveaudifferenz bleibt aber bei weiterem Ablassen aus H_2 konstant. — In ähnlicher Weise kann die Konstanz der Spannkraft gesättigter Dämpfe gezeigt werden, wenn man auf das Quecksilber in R_1 z. B. Alkohol, Wasser oder Äther aufschichtet. Der Preis des Apparates beträgt ohne Quecksilberfüllung M 70,—.

Korrespondenz.

Der Verlag B. G. Teubner in Leipzig sieht sich durch die bei ihm erschienene „Didaktik der Himmelskunde und astronomischen Geographie“ von Höfler veranlaßt zu folgendem

Preisausschreiben.

Es werden Schüler der mittleren und höheren Schulen, die sich einerseits gerne mit Himmelskunde, andererseits mit Handfertigkeit beschäftigen, hiermit eingeladen, einen Sextanten und einen Theodoliten durch eigene Handfertigkeit herzustellen.

Solche Schüler werden gut tun, sich hierfür den Rat ihrer Herren Lehrer, namentlich der Mathematik, der Physik, der Himmelskunde, der Geographie — und, wo schon Arbeitsschulen bestehen, insbesondere auch die Anleitung der sie in der Handfertigkeit unterweisenden Herren zu erbitten.

Es würde darauf ankommen, daß durch diese beiden Winkelmeßinstrumente Bogenabstände am Himmel mit einer Genauigkeit von etwa einem Grad gemessen werden können; so z. B. die von Tag zu Tag bis zu 13° betragende Verschiebung des Mondes gegen Fixsterne des Tierkreisgürtels. Dabei können die käuflichen Papier- oder Messingtransporteure benützt werden (allenfalls auch Abzüge der Kreisteilung von Höflers Himmelsglobus, die auf briefliche Bestellung durch Lehrer vom Verlage Teubner kostenlos geliefert werden). Alles Einzelne des Baues und der Ausführung beider Vorrichtungen bleibt den erfindenden und ausarbeitenden Schülern überlassen.

Zur Preisrichterschaft haben sich bereiterklärt die Herren Böttcher, Geh. Studienrat, Rektor in Leipzig; Frey, Seminaroberlehrer in Leipzig-Connewitz. Höfler in Wien, Ohmann in Berlin-Pankow; Pabst, Seminardirektor in Leipzig; Poske in Berlin-Dahlem; Schülke, Direktor des Realgymnasiums in Tilsit.

Die Arbeiten sind bis zum 1. April 1914 an die Verlagsbuchhandlung B. G. Teubner in Berlin, Potsdamer Straße 129/130, einzusenden mit dem deutlichen Hinweis auf der Adresse: für das Höfler-Preisausschreiben. Der Sendung ist in verschlossenem Briefumschlag die Adresse des Herstellers des Modells beizufügen. Auf die Außenseite des Briefumschlages ist ein Kennwort zu setzen, das auch auf dem Modell selbst deutlich erkennbar sein muß.

Für die Brauchbarkeit und Preiswürdigkeit der eingesandten Arbeiten werden maßgebend sein die Einfachheit und verhältnismäßige Genauigkeit der Vorrichtungen und die Wohlfeilheit ihrer Herstellung, so daß die besten Arbeiten späterhin durch Abbildung, Beschreibung und Anleitung zu ihrer Nachahmung auch anderen Schülern werden empfohlen werden können. Es können entweder beide Vorrichtuugen oder nur eine (oder auch eine nicht als Sextant oder Theodolit zu bezeichnende, aber ähnlichen Zwecken dienende) eingesandt werden.

Die Zuerkennung der Preise geschieht zum Herbstanfang 1914. Die Preise selbst werden bestehen in Werken des Verlages Teubner in den Gesamtwerten von 40, 30, 20, 10 M und werden den Gewinnern nach schriftlicher Bekanntgabe ihrer Wünsche an Professor Poske in Berlin durch den Verlag B. G. Teubner, Leipzig, kostenlos zugestellt. Eine Rücksendung der Arbeiten kann nicht erfolgen.

Berichtigung zu dem Aufsatze von H. Lohmann in Heft 4, S. 229 bis 231.

Herr Dr. Aurel Hartwich von der Allgemeinen Deutschen Schule in Antwerpen macht mich freundlichst darauf aufmerksam, daß zur theoretischen Erörterung meiner Apparate, des „Wirblers“ und des „Schauklers“, wie der entsprechenden turnerischen Vorgänge der Keplersche Flächensatz im wesentlichen genügt. Wendet man ihn auf den „Wirbler“ an, so ergibt sich, daß die Winkelgeschwindigkeit nicht dem Radius, sondern dem Quadrate des Radius umgekehrt proportional ist. Will man auf diesen Apparat den Energiesatz anwenden, so muß man auch die potentielle Energie der spannenden Feder und der Schwere berücksichtigen. Damit erst gelangt man zu einer befriedigenden theoretischen Erklärung des als Kampf zwischen Spann- und Fliehkraft beschriebenen Vorganges. Auch zur Theorie des „Schauklers“ hat mir Herr Hartwich beachtenswerte Verbesserungen mitgeteilt, deren Veröffentlichung in dieser Zeitschrift ich ihm aber nach seinem Belieben selbst überlassen zu müssen glaube.

H. Lohmann.

Zu dem Bericht über den Nachweis der elektrostatisch-ponderomotorischen Wirkung der Induktion in Heft 3, S. 181 sei nachträglich richtiggestellt, daß der Plan zu dem dort beschriebenen Versuch von Herrn Professor F. Richarz in Marburg herrührt, und daß Herr K. Henrich den Versuch mit einer von ihm selbst vorgeschlagenen, für den sicheren Erfolg bedeutsamen Abänderung ausgeführt hat.

Himmelserscheinungen im Oktober und November 1913.

☿ Merkur, ♀ Venus, ☉ Sonne, ♂ Mars, ♃ Jupiter, ♄ Saturn, ☾ Mond, 0^h = Mitternacht.

		Oktober						November					
		4	9	14	19	24	29	3	8	13	18	23	28
☿	AR	$13^h 27^m$	13.56	14.23	14.51	15.18	15.43	16. 5	16.21	16 27	16.17	15 52	15.30
	D	− 9°	−13	−16	−18	−21	−22	−24	−24	−24	−22	−19	−17
♀	AR	$10^h 46^m$	11. 9	11.32	11.54	12.17	12.40	13. 3	13.26	13.49	14.13	14 37	15. 2
	D	+ 9°	+ 7	+ 5	+ 2	0	− 3	− 5	− 7	−10	−12	−14	−16
☉	AR	$12^h 39^m$	12.58	13.16	13.35	13.54	14.13	14.32	14 52	15.12	15.33	15.54	16.15
	D	− 4,2°	− 6,1	− 8,0	− 9.9	− 11,6	− 13,4	− 15,0	− 16,5	− 17.9	− 19,2	− 20,3	− 21,3
♂	AR	$6^h 42^m$	6.52	7. 2	7.11	7.19	7.26	7.33	7.38	7.42	7.45	7.47	7.48
	D	+23°	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+24
♃	AR	$18^h 41^m$		18.45		18.51		18.58		19. 5		19.13	
	D	−23°		−23		−23		−23		−23		−23	
♄	AR	$5^h 9^m$						5. 5					
	D	+21°						+21					
☉	Aufg.	$6^h 7^m$	6.15	6.24	6.33	6.42	6.51	7. 1	7.10	7.19	7.28	7.37	7.45
	Unterg.	$17^h 30^m$	17.18	17. 7	16.56	16.46	16.35	16.26	16.17	16. 9	16. 2	15.55	15.50
☾	Aufg.	$12^h 24^m$	15.56	16.44	18.18	—	6.41	13.11	14.36	15.28	19.24	1.12	8.46
	Unterg.	$18^h 56^m$	—	5.22	11.40	15. 0	16. 4	19.41	0.48	6.51	12.17	13.44	15.22
Sternzeit im mittl. Mittg.		$12^h 50^m 8^s$	13.9.51	13.29.33	13.49.16	14. 8.59	14.28.42	14.48.24	15. 8. 7	15.27.50	15.47.33	16. 7.16	16.26.58
Zeitgl.		$-11^m 6^s$	−12.34	−13.50	−14.53	−15.4'	−16.10	−16.21	−16.11	−15.41	−14.50	−13.37	−12. 5

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.

Mondphasen in M.E.Z.	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
		Okt. 7, $2^h 47^m$	Okt. 15, $7^h 7^m$	Okt. 22, $23^h 53^m$
	Okt. 29, $15^h 29^m$	Nov. 5, $19^h 35^m$	Nov. 14, $0^h 12^m$	Nov. 21, $8^h 57^m$
	Nov. 28, $2^h 42^m$			

Planetensichtbarkeit	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn
im Oktober	unsichtbar	morgens 3 bis 2 Stunden lang sichtbar	7¼ bis 8½ Stunden lang vor Tagesanbruch sichtbar	abends 3 bis 2½ Stunden lang sichtbar	fast die ganze Nacht hindurch sichtbar
im November	ge en Ende des Monats morgens im SO bis ½ Stunde lang sichtbar	die Sichtbarkeitsdauer nimmt ab bis auf 1 Stunde	die Sichtbarkeitsdauer wächst bis auf 11¾ Stunden	zuletzt nur noch 1½ Stunden lang abends sichtbar	die ganze Nacht hindurch sichtbar

Verfinsterungen der Jupitertrabanten:

Okt. 2, 21^h $4{,}6^m$ M.E.Z. Austritt des II. Trab.
- 11, 18 36,5 - - - I. -
- 18, 18 26,0 - Eintritt - III. -
- 18, 20 31,6 - Austritt - I. -

Okt. 27, 18^h $18{,}5^m$ M.E.Z. Austritt des II. Trab.
Nov. 3, 18 50,4 - - - I. -
- 19, 17 9,0 - - - I. -
- 23, 17 48,8 - - - III. -

F. Koerber.

Verlag von Julius Springer in Berlin W. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XXVI. Jahrgang. Sechstes Heft. November 1913.

Einfache theoretische und experimentelle Demonstration der Coriolisschen Kraft.

Von
Prof. Dr. **Otto Wiener** in Leipzig.

Die von G. HADLEY im Jahre 1735 zum ersten Mal gegebene Ableitung für die Ablenkung, die die Winde infolge der Erdrotation erfahren, wird noch heute von manchen Lehrbüchern wiederholt. Diese Ableitung beruht bekanntlich auf dem Hinweis, daß ein von niederen zu höheren Breiten, beispielsweise auf der nördlichen Hemisphäre von Süden nach Norden gerichteter Wind einen durch die Erdrotation bedingten Überschuß der westöstlich gerichteten Geschwindigkeit mitbringt und so der Südwind zum südwestlichen Wind wird.

Diese Erklärung trifft insofern den wahren Kern des Vorgangs nicht, als danach ein reiner West- oder Ostwind keine Ablenkung infolge der Erdrotation erfahren dürfte, während in Wirklichkeit der Betrag der ablenkenden Kraft von der Windrichtung unabhängig ist.

Die richtige Theorie der Relativbewegungen auf einem rotierenden Körper wurde 1835 von CORIOLIS gegeben und 1860 von Ferrel[1]) auf die Ablenkung der Winde durch Erdrotation angewandt.

Nun wird auf die Ableitung der CORIOLISschen Kraft in elementaren Lehrbüchern in der Regel nicht eingegangen. Mit Rücksicht auf die außerordentlich wichtige meteorologische Anwendung dieses Satzes erscheint daher eine einfache theoretische und experimentelle Demonstration für den Unterricht sehr erwünscht. Es sind immerhin schon verhältnismäßig einfache Ableitungen von verschiedenen Seiten sowohl in der Meteorologischen Zeitschrift[2]) als auch in der vorliegenden[3]) veröffentlicht worden, jedoch wohl keine von solcher Durchsichtigkeit, wie ich sie im folgenden zu geben beabsichtige.

Zu diesem Zwecke benutze man den POINSOTschen Satz, nach dem die Übereinanderlagerung der Rotation eines starren Körpers und einer senkrecht zur Rotationsachse gleichzeitig verlaufenden Translationsgeschwindigkeit sich für einen gegebenen Augenblick durch eine einfache Rotation von gleicher Winkelgeschwindigkeit um eine neue Achse, die Momentanachse, ersetzen läßt[4]).

Man kann ihn, wie folgt, einfach beweisen: Ist Z (s. Fig. 1) das ursprüngliche Zentrum der Drehbewegung, c die Translationsgeschwindigkeit und M das Momentanzentrum im Abstande a von Z, so daß $a \cdot \omega = c$ wird, P ein beliebiger Punkt, so ist $r_0 \cdot \omega = PQ$ die durch die Rotation bedingte Geschwindigkeit von P, zu der sich die

[1]) Die vorstehenden geschichtlichen Angaben finden sich in dem Lehrbuch der Meteorologie von Hann. 2. Aufl., Leipzig 1906, S. 313 ff.

[2]) Nils Ekholm, Meteorol. Zeitschr. **11**, 137 (1894).

[3]) M. Koppe, diese Zeitschr. **10**, 16 (1897). A. Schmidt, ebenda **13**, 207 (1900).

[4]) Poinsots „Théorie nouvelle de la rotation des corps“ erschien 1834 in Paris und wurde von Schellbach (Berlin, W. Hayn, 1851) übersetzt.

Translationsgeschwindigkeit $c = QR$ geometrisch addiert; daraus resultiert eine Gesamtgeschwindigkeit PR, die wegen der leicht zu beweisenden Ähnlichkeit der Dreiecke PQR und PZM auf MP senkrecht steht und gleich $r \cdot \omega$ ist, d. h. so groß, als ob die Rotation um das Momentanzentrum allein bestünde.

Denken wir uns zunächst der Einfachheit halber eine gleichförmig rotierende Scheibe von solcher Einrichtung, daß ein darauf beweglicher materieller Punkt, in Wirklichkeit etwa eine Kugel, an ihrer Bewegung teilnimmt, d. h. relativ zu ihr in Ruhe bleibt, wenn sie ursprünglich relativ zu ihr in Ruhe war. Das kann dadurch

Fig. 1.

Fig. 2.

erreicht werden, daß die Zentrifugalkraft an jeder Stelle in geeigneter Weise kompensiert wird, z. B. indem man der Scheibe eine parabolische Aushöhlung erteilt. Von den bei der Relativbewegung des Punktes auftretenden scheinbaren Kräften wird dadurch die radiale von vornherein ausgeschaltet, und es fragt sich nur, ob noch etwa außerdem eine andere auftritt, die dann also dazu senkrecht, d. h. tangential gerichtet sein müßte.

Nun lassen wir noch eine weitere Vereinfachung der Aufgabe eintreten dadurch, daß wir die ganze Scheibe mit einer konstanten Geschwindigkeit bewegt denken, die der Rotationsgeschwindigkeit des Punktes der Scheibe, auf dem die Kugel im gegebenen Augenblicke ruht, gleich und entgegengesetzt ist. Durch diese konstante Geschwindigkeit wird die Relativbewegung in keiner Weise beeinflußt, zugleich aber der Vorteil erzielt, daß die Momentanachse in jenen Punkt der Scheibe hineingelegt und die Aufgabe auf die einfachere zurückgeführt worden ist, die Relativbewegung eines materiellen Punktes aufzufinden, der sich von der Rotationsachse der Scheibe aus in Richtung irgend eines Radius mit gewisser Geschwindigkeit c bewegt (vgl. Fig. 2). Und zwar gilt diese Zurückführung für zwei aufeinanderfolgende, unendlich kleine Zeitelemente; für das erste, weil in dem Ausgangspunkt die Geschwindigkeit, und für das zweite, weil auch die Beschleunigung, nämlich die Zentrifugalbeschleunigung, zum Verschwinden gebracht wurde. Für eine Untersuchung, die nur eine etwa noch weiter vorhandene Beschleunigung aufzusuchen wünscht, darf daher das Momentanzentrum als dauerndes Zentrum der Rotation angesehen werden.

Nach der kleinen Zeit t wird nun der mit der Geschwindigkeit c bewegte materielle Punkt in dem Abstande $r = ct$ vom Mittelpunkt anlangen. In dieser Zeit t hat der Punkt der Scheibe, nach dem sich der materielle Punkt hinbewegt, infolge der Rotation der Scheibe einen seitlichen Weg $s = r \cdot \omega \cdot t$ zurückgelegt, worin ω die Winkelgeschwindigkeit bedeutet. Setzt man nun die Entfernung r aus der ersten

Gleichung ein, so wird $s = c \,.\, \omega \,.\, t^2$, und dieser Weg ist dem scheinbaren Weg s' des materiellen Punktes auf der Scheibe gleich und entgegengesetzt.

Da diese scheinbare seitliche Abweichung mit dem Quadrat der Zeit proportional ist, so läßt sie sich auffassen als bedingt durch eine zur Geschwindigkeit c senkrecht gerichtete Beschleunigung. Denn, setzt man in der Tat: $s = \frac{1}{2} b\, t^2$, so ergibt sich durch Vergleichung mit dem früher gefundenen Wert von s

$$b = 2 \cdot c \cdot \omega,$$

das ist die Coriolissche Beschleunigung, die man nur mit der Masse des materiellen Punktes zu multiplizieren braucht, um die Coriolissche Kraft zu finden. Diese Beschleunigung steht also stets senkrecht zu der Geschwindigkeit c und ist mit ihr proportional, wobei der Proportionalitätsfaktor durch die doppelte Winkelgeschwindigkeit dargestellt wird. Da mithin durch diese Beschleunigung die Größe der Geschwindigkeit des materiellen Punktes nicht beeinflußt wird, so wird die scheinbare ablenkende Kraft auch bei der weiteren Bewegung stets von gleicher Größe und zur Richtung der Geschwindigkeit senkrecht bleiben, d. h. der Punkt muß relativ zur Scheibe einen Kreis beschreiben, und zwar in einem dem Drehungssinn der Scheibe entgegengesetzten Sinne.

Will man nun diese Bewegung experimentell verwirklichen, so genügt es, der Scheibe eine kugelförmige statt einer parabolischen Aushöhlung zu erteilen, wenn man sich auf kleine Rotationsgeschwindigkeiten beschränkt.

Es wurde eine Scheibe von 50 cm Durchmesser benutzt, deren Mittelpunkt 2 cm unter dem Niveau ihres Randes lag. Die Scheibe wurde durch einen kleinen Elektromotor mit Vorgelege langsam in Rotation versetzt[5]). Ließ man dann die Scheibe in etwa 2,5 Sek. eine Umdrehung ausführen, so blieb eine Kugel, die relativ ruhend in der Mitte zwischen dem Mittelpunkt und dem Rand aufgelegt wurde, auch dauernd in Ruhe. Eine einfache Rechnung zeigt, daß dann in der Tat die Schwerebeschleunigung der Zentrifugalbeschleunigung mit genügender Genauigkeit das Gleichgewicht hält. Am Rand überwiegt dann zwar ein wenig die Zentrifugalkraft, doch wirkt das kaum störend auf die Versuche ein, die auf quantitative Genauigkeit um so weniger Anspruch erheben können, als die Reibung immerhin störend auf die Erscheinung einwirkt.

Um die Bewegungen relativ zur Scheibe deutlich hervortreten zu lassen, genügt es, irgendwelche einfache Linien auf die helle Holzscheibe zu malen. Es wurden ein paar schwarze radiale Striche und ein konzentrischer Kreis angebracht.

Legt man jetzt die Kugel in die Mitte der Scheibe, erteilt der Scheibe die geeignete Geschwindigkeit und gibt dann der Kugel einen Anstoß, so führt sie eine Kreisbewegung aus, die sie nach kurzer Zeit wieder zum Anfangspunkt zurückführt, wobei der Drehungssinn dem der Scheibe entgegengesetzt erscheint.

Legt man die Kugel an eine Stelle in der Mitte zwischen Zentrum und Rand, so führt sie bei einem kleinen Anstoß ebenfalls Kreisbewegungen aus, und zwar gegen die Mitte hin, wenn der Anstoß entgegengesetzt der Rotation der Scheibe ist, gegen den Rand hin, wenn er im gleichen Sinne erfolgte, was eintreten muß, wenn die Rotation der Kugel dem der Scheibe stets entgegengesetzt sein soll.

Will man nun die Anwendung auf die Bewegung eines materiellen Punktes an der Erdoberfläche und somit auf die Winde machen, so hat man sich für einen Punkt von der geographischen Breite φ die Erdrotation zu zerlegen in eine Momentanrotation um eine vertikale Achse im Betrage von $\omega \,.\, \sin \varphi$, und eine, die horizontal

---

[5]) Die Apparatur hat Herr Universitätsmechaniker Donner am Leipziger Physikalischen Institut herstellen lassen und zusammengestellt.

in Richtung des Meridians verläuft. Die letztere bedingt aber keine Kräfte parallel zur Oberfläche, sodaß allein die Coriolissche Kraft mit der Beschleunigung

$$b = 2 \cdot c \cdot \omega \sin \varphi$$

in Erscheinung tritt.

Dies ist in der Tat die infolge der Erdrotation nach dem Coriolisschen Satz auftretende Beschleunigung des Windes senkrecht zu seiner Bahn.

Für die nördliche Hemisphäre ist der in der Figur angegebene Rotationssinn der richtige. Die scheinbare Ablenkung des Windes (s' in der Figur) geschieht daher hier für einen mit dem Winde blickenden Beobachter stets nach rechts.

Physikalisches Institut der Universität Leipzig, August 1913.

Ein neuer Demonstrationsapparat zur bequemen und genauen Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalents.

Von

Werner Boy und **Julius Greßler** in Barmen.

Der im folgenden beschriebene Apparat gehört zu jenen Typen von Apparaten gleichen Zweckes, die durch Reibung Wärme erzeugen und die Reibungsarbeit und die aus ihr erhaltene Wärmemenge messen. Der bisher meist benutzte Demonstrationsapparat von Puluj wie auch der in Band 17, S. 334 dieser Zeitschrift von Hespe angegebene Apparat sind in der Anwendung nicht so einfach, wie es für Unterrichtszwecke wünschenswert ist. Das liegt vornehmlich daran, daß die Größe der Reibung sich während des Versuchs ändert, wodurch eine Veränderung der die Reibung messenden Gegenkraft notwendig wird. Es müssen in kurzen Zeitintervallen Gewichte zugefügt bzw. abgenommen oder Zeigerstellungen abgelesen werden. Dadurch wird einerseits die Beobachtung erschwert und anderseits die nachfolgende Berechnung verwickelt. Überdies sind bei dem Pulujschen Apparat die erhaltenen Resultate wenig befriedigend. Die Fehler betragen auch bei guter Beobachtung bis 10%, d. h. es sind Werte zwischen 469 mkg und 385 mkg zu erwarten.

Fig. 1.

Mit diesen Bemerkungen sind die Gesichtspunkte gekennzeichnet, die uns bei der Konstruktion eines neuen Apparats geleitet haben. Die von uns gestellten Forderungen waren: 1. Beseitigung der Veränderlichkeit der Reibung und damit Erzielung leichterer Handhabung und Verminderung der Rechnung auf den geringstmöglichen Betrag. 2. Sicherung genauer Versuchsergebnisse.

Die letzte Forderung kann nur erfüllt werden, wenn die Wärmekapazität des Kalorimeters nicht zu klein ist, wenn also auch die umgesetzte Arbeit einen ziemlichen Betrag erreicht. Die ungenauen Resultate des PuluJschen Apparats wie die noch bedeutend ungenaueren der bekannten Anordnung von Grimsehl sind der Kleinheit des Kalorimeters zuzuschreiben.

Der im folgenden beschriebene Apparat ist aus dem von Hespe hervorgegangen, hat aber mit diesem nur noch die Form des Kalorimeters gemein.

Wir haben wiederholt den Apparat im Unterricht ausprobiert; auch bei physikalischen Schülerübungen ist er mehrfach benutzt worden. Selbst bei genauer Beobachtung des Temperaturganges lassen sich Erklärung, Versuch und Berechnung in einer Unterrichts- bzw. Übungsstunde erledigen. Um ein Bild von der Genauigkeit zu geben, setzen wir die Resultate von 10 nacheinander ausgeführten Versuchen hierher: 431; 429; 424; 423; 429; 426; 429; 431; 428; 426. Mittel: 427,6 mkg.

Fig. 2.

Fig. 3.

Auch für Vorlesungszwecke dürfte der Apparat geeignet sein. Wenn auf eine genaue Beobachtung des Temperaturganges verzichtet wird, läßt sich die Vorführung in 5—10 Minuten erledigen, und unter Verwendung eines geeigneten Thermoelements mit Spiegelgalvanometer läßt sich auch die Temperatursteigerung einem großen Auditorium gut vorführen. Fig. 1 zeigt den fertig montierten Apparat ohne den später erwähnten Schutzzylinder. (Die jetzige Ausführungsform weicht in den Dimensionen der nebensächlichen Teile etwas von der Abbildung ab.)

Fig. 2 zeigt schematisch im Querschnitt die Anordnung des Apparats. In dem Innenraum des mit Wasser gefüllten Kalorimetergefäßes C bewegt sich ein durch Elektromotor angetriebenes Reibzeug. Die der Kraft der Reibung entgegenwirkenden Gewichte Q halten das Gefäß während des Versuchs in der Schwebe. Tourenzahl und Drehmoment der Gewichte bestimmen die Reibungsarbeit, während die Temperaturerhöhung und Wärmekapazität des gefüllten Kalorimeters die entsprechende Wärmemenge ergeben.

Das Kalorimeter. Fig. 3 zeigt den Achsenschnitt des aus vernickeltem Messing hergestellten, in allen seinen Teilen zylindrischen Kalorimeters. In dem Schnurlauf bei AB liegt ein Stahldraht von 0,5 mm Dicke, dessen eines Ende mit der Scheibe AB geeignet verbunden ist, dessen anderes Ende über eine Rolle führt und die Gewichte

trägt, die der Reibungskraft das Gleichgewicht halten. Die inneren Wandungen des Raumes D sind die Reibflächen. Der Deckel E trägt oben die Pfanne F, auf der Unterseite einen „Führungsstift“ G. Die Größenverhältnisse des Kalorimeters sind so gewählt, daß bei richtiger Füllung mit Wasser die Wärmekapazität aller erwärmten Teile gerade 1000 g beträgt.

Die Drehungsachse mit dem Reiber (Fig. 4a u. b). Eine vertikale, etwa 40 cm lange, kräftige Achse läuft mit ihrem unteren Ende in dem Druckkugellager I und wird etwa 25 cm höher von einer Büchse K geführt. Etwas über dem Grundlager trägt die Achse das Antriebsrad O, darüber eine Schraubenspindel N, in die das Zahnrad eines Zählwerks eingreift. Das uhrförmige Zählwerk mit großem Zifferblatt ist weithin ablesbar. Es hat zwei Zeiger, von denen der eine bis 100, der andere die ganzen Hunderter bis 3000 zählt.

Das obere Ende der Achse trägt eine wagerechte Kreisscheibe L von ca. 4 cm Durchmesser. In der Mitte besitzt die Achsenendfläche eine zylindrische Einbohrung M zur Aufnahme des Führungsstiftes G (Fig. 3). Die Achse trägt zwischen K und L zwei kräftige, halbzylindrische, etwa 10 cm hohe, federnde, mit Leder bezogene Messingbleche SS, die in Fig. 4b im Horizontalschnitt dargestellt sind. Über die Achse mit dem Reiber wird das Kalorimeter gestülpt, wobei man die Federn leicht zusammenpreßt. Sie legen sich fest gegen die inneren Wandungen des Zylinders D (Fig. 3). Der Deckel ruht auf der Endscheibe L der Achse. Außerdem trägt die Achse zwischen K und den Federn noch eine „Führungsscheibe“, die in der Figur nicht dargestellt ist. Diese Scheibe ist auf der Achse leicht drehbar und verschiebbar; sie wird durch einfache Drehung nach dem Aufsetzen des Kalorimeters fest mit diesem verbunden und dient ihm zusammen mit dem Stift zur Führung. Es hat sich nämlich als notwendig herausgestellt, die Reibung und die Führung des Kalorimeters getrennten Teilen anzuvertrauen. Tut man das nicht, so wird die Führung nicht sicher, und so treten neben den Drehbewegungen recht unangenehme, zu manchem Mißerfolg führende pendelartige Schwingungen des Kalorimeters auf.

Fig. 4a und 4b.

Fig. 5.

Dreht sich nun die Achse im Sinne des Uhrzeigers, so wird sie vermöge der Reibung das Kalorimetergefäß mitzunehmen streben. Die Gewichte suchen das Kalorimeter in entgegengesetztem Sinne zu drehen.

Schülern macht man nach unsern Erfahrungen die vorliegenden Verhältnisse am einfachsten dadurch klar, daß man ihnen sagt: Man kann sich die Achse fest denken und dafür das Kalorimeter durch das Gewicht herumgezogen. Dann ergibt sich für die Reibungsarbeit pro Umdrehung $R_1 = 2\pi q \cdot Q$, wo q der Hebelarm der Gewichte Q ist. Dieser Hebelarm ist gleich dem Radius der Scheibe = $59^3/_4$ mm, vermehrt um den Radius des Drahtes gleich $^1/_4$ mm, also gleich 60 mm = 0,06 m. Ist n die Tourenzahl, so ist die gesamte Reibungsarbeit:

$$R = 2\pi n q Q.$$

Der Reibungsregler. (Fig. 5.) Setzt man den Apparat in Tätigkeit, so erkennt man, daß die Reibung fortwährenden Schwankungen unterliegt. Die Drehbewegung des Kalorimeters ist durch einen Anschlag, der gegen federnde Puffer schlägt, auf etwa 100° beschränkt. Der Anschlag bewegt sich bei richtiger Größe des Gewichtes mit dem Kalorimeter hin und her und liegt bald am rechten, bald am linken Puffer. Um nun die Reibung konstant zu halten, ist über dem Kalorimeter

ein vertikaler „Druckstift“ angeordnet, dessen Spitze in die Pfanne *F* des Kalorimeters drückt. Der Druckstift endet oben in einem Knopf *T*. Drückt man auf diesen Knopf, so preßt sich der Deckel *E* gegen die Scheibe *L*, und infolgedessen erhöht sich die Reibung zwischen *E* und *L*. Um ein Ermüden des Fingers bei starkem Druck zu verhindern, ist die Anordnung so getroffen, daß der Druck auch durch Einstellen einer Feder geändert werden kann. Der obere Teil des Druckstiftes ist durch die axiale zylindrische Durchbohrung einer Schraubenspindel *R* geführt. Diese Schraube dreht sich in einer Mutter *V*, die mit dem Gerüst des Apparats fest verbunden ist. Gegen die Grundfläche der Schraubenspindel drückt eine Spiralfeder *Sp*, deren anderes Ende auf einer plattenförmigen Erweiterung des Druckstiftes ruht. Dreht man die Schraube mittels der Kopfscheibe *U*, so wird die Feder gespannt oder entspannt und der Druck und damit die Reibung geändert.

Das Gerüst und sonstiges Zubehör. (Fig. 2.) Das Gerüst besteht aus drei Etagen: der Grundplatte, die das Drucklager trägt, der Bodenplatte, die mit der Grundplatte fest durch Bretter verbunden ist, und der Deckelplatte. Die zweite Platte bildet den Boden des Kalorimeterraumes. Sie trägt das Lager *K* und die Puffer zur Begrenzung der Bewegung des Kalorimeters. Außerdem steht auf ihr ein Holzring mit treppenförmigem Absatz, in den ein verspiegelter Glaszylinder gesetzt wird, der oben in eine Nut der Deckelplatte eingreift. Er schützt das Kalorimetergefäß vor Wärmeverlusten durch Leitung und Strahlung. Zwischen Holzring und Glaszylinder bleibt vorn ein schmaler Spalt. Durch diesen reicht ein mit dem Kalorimeter verbundener Zeiger, der dessen Stellung und Bewegung anzeigt. Auf der Bodenplatte stehen drei vernickelte Metallsäulen, auf die die Deckelplatte aufgeschraubt wird. Diese trägt die Mutter *V* für den Druckstift. Durch Löcher ragt in das Wasser des Kalorimeters hinein ein passendes Thermometer und eine Rührvorrichtung. Gerührt wurde entweder durch Einblasen von Luft mittels eines Gasometers oder eines kleinen Handgebläses aus Kautschuk, oder durch ein mechanisches Rührwerk (horizontale Schraubenflügel in senkrechtem Rohr), das durch einen kleinen, an der Deckelplatte befestigten Motor angetrieben wurde (Fig. 1). Als Antrieb des Reibzeuges diente ein Elektromotor von $^1/_{16}$ PS. Natürlich kann bei passend angeordneter Übertragung jeder nicht zu schwache Motor benutzt werden. Bei unserem Apparat ist der Motor mit vertikaler Achse an einem Seitenbrette des Gerüstes befestigt.

Darstellung eines Demonstrationsversuches.

Die Wärmekapazität der festen Teile beträgt 127 g. Wir füllen 873 g Wasser ein, setzen den Apparat zusammen, lassen den Motor angehen und hängen so viel Gewichte an, daß man durch Anspannen der Druckfeder bequem Gleichgewicht herstellen kann. Dabei kommt man mit Gewichten aus, die in kleinsten Stufen von 50 g oder 100 g steigen, so daß die Gewichte stets bequeme Zahlen sind und das Auswiegen der Reibung sich im Bruchteil einer Minute erledigt. Der Motor wird abgestellt, das Zählwerk wird eingeschaltet und damit ist der Versuch vorbereitet.

Wir lassen das mechanische Rührwerk eine Minute arbeiten und lesen dann die Zimmertemperatur (Z.T. = 17,7°) und die Temperatur des Kalorimeters an dem in $^1/_{10}{}^0$ geteilten Thermometer ab (Anfangstemperatur = 15,3°). Der Motor wird angelassen und nach $n = 3020$ Umdrehungen des Reibzeuges abgestellt. Durch Nachdrehen der Schraube oder durch leichten Druck auf den Druckstift wird dafür gesorgt, daß während des Versuches das Gefäß zwischen den beiden Anschlägen schwebt. Wir lassen dann das Rührwerk zweimal $^1/_2$ Minute mit 1 Minute Pause arbeiten und lesen die Temperatur wieder ab (Endtemperatur = 19,3°). Die Temperaturerhöhung beträgt: $\Delta t = 4^0$, die erzeugte Wärmemenge also 4 Kal., da die Wärmekapazität ja 1 kg ist. Die geleistete Arbeit *R* ist: $R = 2\pi . n . q . Q$. Hier ist

der Hebelarm $q = 0{,}06$ m, das Gewicht $Q = 1{,}500$ kg, die Tourenzahl $n = 3020$. Daraus ergibt sich: $R = 1708$ mkg. Für das Wärmeäquivalent folgt daraus:

$$A = 427 \text{ mkg}.$$

Natürlich leiten wir den Versuch so, daß sich besonders einfache Zahlenwerte ergeben. Wir wählen die Temperaturerhöhung ganzzahlig, und zwar so, daß sich die Wärmeabgabe an die Umgebung und der Wärmezufluß von außen ausgleichen. Das ist der Fall, wenn man mit der Temperatur nicht so stark über Zimmertemperatur hinausgeht, wie man unter Zimmertemperatur begonnen hat (wegen der Pause vor der Schlußablesung). Dann entnimmt man aus einer Tabelle die Tourenzahl, die bei dem vorhandenen Ausgleichsgewicht die gewünschte Temperaturerhöhung liefert.

Dieses Verfahren ist aber durchaus nicht notwendig und, wo die Zeit im Unterricht und besonders in praktischen Übungen zur Verfügung steht, nicht einmal anzuraten. In diesem Falle sind exakte Untersuchungen vorzuziehen, schon deshalb, weil hier ein durchsichtiges Beispiel vorliegt, das die Ausschaltung der Fehlerquellen bei wissenschaftlichen Untersuchungen zeigt. Bei diesen Versuchen benutzten wir ein Beckmannsches, in $^1/_{100}{}^0$ geteiltes Thermometer, bei dem mit Lupe noch $^1/_{1000}{}^0$ geschätzt werden kann, beobachteten vor und nach dem Versuch 5—10 Minuten den Temperaturgang und befreiten dadurch das Resultat von den durch Rührung, Wärmeleitung und Strahlung bedingten Fehlern. Eine genaue Beschreibung dieser Versuche wollen wir übergehen, da das Wesentliche in der Abhandlung von Hespe und den Lehrbüchern der praktischen Physik enthalten ist.

Der Apparat wird nach unseren Angaben von Rud. Brink, Mech. Werkstätte in Barmen, Mittelstraße, angefertigt.

Demonstration der chemischen Reaktionsgeschwindigkeit mittels des Galvanometers.

Von

M. Centnerszwer.

1. Prinzip. In den Vorlesungen über allgemeine und physikalische Chemie macht sich die Schwierigkeit geltend, die Grundgesetze der Lehre von der Geschwindigkeit chemischer Reaktionen in anschaulicher Weise zu demonstrieren. Noyes und Blanchard[1]) haben zu diesem Zwecke die Reaktion zwischen Kaliumjodid und Kaliumbromat empfohlen:

$$6\,KJ + KBrO_3 + 3\,H_2O = 3\,J_2 + KBr + 6\,KOH.$$

Das Fortschreiten der Reaktion läßt sich an der Blaufärbung des Stärkekleisters durch das Jod verfolgen. Dieser elegante Versuch ist jedoch nur zur qualitativen Demonstration geeignet.

Zur Messung und zur Veranschaulichung des Verlaufs einer chemischen Reaktion kann man die Änderung einer beliebigen physikalischen Eigenschaft des Systems benutzen, so z. B. der Dichte, des optischen Brechungskoeffizienten, des Drehungswinkels der Polarisationsebene u. a. m. Zur einfachen und gleichzeitig anschaulichen Demonstration scheint jedoch das elektrische Leitvermögen die größten Vorzüge zu besitzen, und es fällt nicht schwer, geeignete Reaktionen zu finden, deren Fortschritt durch Messung der elektrischen Leitfähigkeit quantitativ verfolgt werden kann.

[1]) Zeitschr. f. physikal. Chemie **36**, 15 (1901).

2. Die Reaktion. Wir wählen als Beispiel die von Kreman[2]) untersuchte Wechselwirkung zwischen Methylsulfat und Methylalkohol:

$$(CH_3)_2SO_4 + CH_3OH = CH_3 \cdot HSO_4 + CH_3 \cdot O \cdot CH_3.$$

Die Methylgruppe des Methylsulfats wird durch den Wasserstoff des Methylalkohols ersetzt; es entstehen Methylschwefelsäure und Dimethyläther. Die Reaktion ist der Hydrolyse der Ester ähnlich; die Spaltung des Schwefelsäureesters wird im gegebenen Fall durch den Alkohol bewirkt, weswegen man diese Reaktion als „Alkolyse" bezeichnen kann.

Von den vier an der Reaktion beteiligten Stoffen besitzt nur einer eine nennenswerte elektrische Leitfähigkeit: die Methylschwefelsäure. Zwar leitet auch Methylsulfat in alkoholischer Lösung den elektrischen Strom, aber seine Leitfähigkeit kann im Vergleich mit derjenigen der entstehenden Säure vernachlässigt werden. So geht mit der fortschreitenden Spaltung des Esters ein ständiges Anwachsen der Leitfähigkeit des Gemisches Hand in Hand. Die Geschwindigkeit dieses Anwachsens liefert uns ein Maß der Reaktionsgeschwindigkeit.

3. Die Theorie. Bezeichnen wir die Konzentration des Methylsulfats zur Zeit t durch a, diejenige des Methylalkohols durch b und die Konzentration der Methylschwefelsäure zur selben Zeit durch x (wobei wir die Konzentrationen durch die Zahl der Mole pro Liter ausdrücken), so haben wir für die Reaktionsgeschwindigkeit folgende Beziehung[3]):

$$\frac{dx}{dt} = k_1 \cdot a \cdot b.$$

Scheinbar ist die Reaktion bimolekular. Berücksichtigen wir jedoch, daß wir die Reaktion in methylalkoholischer Lösung ausführen, wobei der Methylalkohol in großem Überschuß vorhanden ist, so können wir die Konzentration desselben (b) im Laufe des Versuchs für unveränderlich ansehen und das Produkt $k_1 . b$ zu einer Konstante k zusammenziehen. Wir erhalten dann für die Reaktionsgeschwindigkeit den Ausdruck:

$$\frac{dx}{dt} = k\,a,$$

welcher einer einfachen monomolekularen Reaktion entspricht. Führen wir in unsere Gleichung die Anfangskonzentration des Methylsulfats: A ein, so erhalten wir:

$$a = A - x$$

und folglich

$$\frac{dx}{dt} = k(A-x). \qquad 1)$$

Diese Gleichung läßt sich einfach integrieren[4]) und liefert uns:

$$k = \frac{1}{t} \ln \frac{A}{A-x}. \qquad 2)$$

Wir nehmen an, daß die Leitfähigkeit des Gemisches in jedem Moment direkt proportional der Konzentration der gebildeten Methylschwefelsäure ist. Folglich ist

$$x = \varkappa \cdot \lambda,$$

wenn λ die (spezifische) Leitfähigkeit und $\varkappa$ einen Proportionalitätsfaktor bezeichnet. Nachdem die Umsetzung beendet ist, messen wir wieder die Leitfähigkeit und erhalten dafür den Wert: λ_∞. Die Konzentration der Säure ist in diesem Punkt der Anfangskonzentration des Esters gleich. Folglich haben wir:

$$A = \varkappa \cdot \lambda_\infty.$$

[2]) Monatshefte f. Chemie **27**, 1265 (1906).

[3]) Nernst, Theoretische Chemie, V. Aufl., S. 551 (1907).

[4]) Nernst und Schönflies, Einführung in die mathematische Behandlung der Naturwissenschaften, München 1875, S. 109.

Setzen wir diese Werte in unsere Grundgleichungen 1) und 2), so erhalten wir:

$$\frac{dx}{dt} = k \cdot x (\lambda_\infty - \lambda) \qquad 1a)$$

und

$$k = \frac{1}{t} \ln \frac{\lambda_\infty}{\lambda_\infty - \lambda}. \qquad 2a)$$

Es soll hier die Bemerkung nicht unterdrückt werden, daß die Annahme einer Proportionalität zwischen x und λ nur aproximativ gelten kann. Streng genommen, wird man erwarten dürfen, daß die spezifische Leitfähigkeit in einem etwas langsameren Tempo wachsen muß als die Konzentration, weil sich die molekulare Leitfähigkeit der Säuren mit steigender Konzentration etwas vermindert. Jedoch kommt für unseren Zweck eine etwaige Differenz aus diesem Grunde nicht in Betracht, wie folgende zwei Versuche zeigen.

4. Genaue Versuche. Zum Nachweis der Gültigkeit der Gleichungen 1a) und 2a) habe ich in Widerstandsgefäßen von der Form, welche für flüchtige Lösungsmittel gewöhnlich benutzt wird[5]), Lösungen des Dimethylsulfats in absolutem Methylalkohol bereitet und von Zeit zu Zeit ihre spezifische Leitfähigkeit mit dem Telephon und der Wheatstoneschen Brücke gemessen. Die erhaltenen Resultate sind in den folgenden Tabellen angegeben. Darin bezeichnen:

t die Zeit (in Minuten),
λ die spezifische Leitfähigkeit,
k die Geschwindigkeitskonstante: $k = \frac{\log \lambda_\infty - \log (\lambda_\infty - \lambda)}{0{,}4343\, t}$.

Tabelle 1.

$^1/_2$ normale Lösung von $(CH_3)_2SO_4$ in CH_3OH. Versuchstemperatur: 25°. Spezifische Leitfähigkeit des benutzten Methylalkohols: 7×10^{-6}.

t	$\lambda \cdot 10^4$	k
0′	1,4	—
60	26,1	0,00189
120	43,6	0,00167
180	59,5	0,00160
255	76,0	0,00152
300	83,7	0,00146
370	96,7	0,00143
425	104,3	0,00138
475	112,2	0,00137
∞	233,4	—
	Mittel	0,00154

$^1/_4$ normale Lösung von $(CH_3)_2SO_4$ in CH_3OH. Versuchstemperatur: 25°. Spezifische Leitfähigkeit des benutzten Methylalkohols: 7×10^{-6}.

t	$\lambda \cdot 10^4$	k
0′	0,8	—
60	13,5	0,00160
120	24,4	0,00154
180	33,5	0,00148
255	43,3	0,00143
300	47,6	0,00136
370	55,1	0,00133
425	59,9	0,00130
480	64,4	0,00127
∞	140,3	—
	Mittel	0,00141

[5]) Vgl. Walden und Centnerszwer, Zeitschr. f. physikal. Chemie 39, 517 (1901). — Ostwald-Luther-Drucker, Physiko-chemische Messungen, S. 469, Leipzig 1910.

Die Konstanten zeigen ganz gute Übereinstimmung. Kreman fand bei 31,5° die Konstante gleich 0,00081. Im hiesigen Laboratorium ist bei 25° die Konstante gleich 0,00115 auf titrimetrischem Wege bestimmt worden. Die Gültigkeit der Formeln 1a) und 2a) kann daher als bewiesen gelten.

5. Demonstrationsversuche. Zur Demonstration der Änderung des elektrischen Widerstandes wird Gleichstrom der Lichtleitung von 110 Volt Spannung benutzt. Die Pole der Hauptleitung *A* und *B* (Fig. 1) werden durch den Lampenrheostat *CD* aus 10 hintereinandergeschalteten Glühlampen geschlossen. Die Zellen mit den Reaktionsgemischen *E*, *F*, *G*, *H*, *I* und das Galvanometer *K* sind im Nebenschluß angebracht, und zwar so, daß sie einzeln mit der Stromquelle und dem Galvanometer verbunden werden können. Das Schema der Schaltung ist aus der Fig. 1 ersichtlich. Die Widerstandszellen *E*, *F*, *G*, *H*, *I* sind parallel geschaltet. Die beiden Hauptleitungen sind mit dem Lampenrheostat und dem Galvanometer verbunden. Zwischen jede einzelne Zelle und die Hauptleitung ist ein Stöpselkontakt eingeführt. In dieser Weise kann man jede Zelle einzeln mit dem Galvanometer verbinden.

Fig. 1. Fig. 2.

Das Galvanometer ist ein wenig empfindliches vertikales Demonstrationsgalvanometer mit einer weit sichtbaren Skala von einem großen Bereich. Der Ausschlag des Galvanometers um einen Teilstrich entspricht einer Stromstärke von ca. 2 Milliampere.

Als Widerstandszellen benutzt man kleine Meßzylinder von 250 ccm Inhalt (Fig. 2). Jeder Zylinder wird durch einen doppelt durchbohrten Kork verschlossen. Durch die Bohrungen sind Glasröhren mit eingeschmolzenen Platinelektroden durchgeführt. Die Elektroden bestehen aus quadratischen Blechen von 0,5 cm Kantenlänge. Sie sind horizontal gebogen. Der Elektrodenabstand ist in allen Zellen gleich und beträgt 6 cm.

6. Der zeitliche Verlauf. In den ersten Zylinder führen wir 210 ccm Methylalkohol hinein. Im gegebenen Zeitpunkt werden 5 ccm (= 0,0525 Mol.) Methylsulfat[6]) aus einer Pipette zugegeben, der Inhalt mittels der Elektroden durchmischt und sofort das Galvanometer eingeschaltet. Man erhält auf diese Weise eine $^1/_4$ normale Lösung von Dimethylsulfat. Gleich am Anfang beobachtet man einen Ausschlag von 2 Teilstrichen und notiert die Ausschläge des Galvanometers in Intervallen von je 5 Minuten. Folgende Tabelle enthält die in einem solchen Versuch erhaltenen Werte[7]).

[6]) Die Dichte des Methylsulfats bei Zimmertemperatur beträgt 1,321; sein Molekulargewicht beträgt 126,1.

[7]) Die Experimente sind vom Herrn stud. chem. A. Blumberg ausgeführt worden, welchem ich für seine wertvolle Hilfe an dieser Stelle bestens danke.

Tabelle 3.

Zeit	Ausschlag am Galvanometer	Ausschlag am Milliamperemeter	Konstante: k
Anfang	2	5	—
5′	4	9,5	(0,0092)
10	6	14	0,0069
15	8	17	0,0056
20	10	22	0,0055
25	11,5	26	0,0052
30	13	29	0,0049
35	15	31	0,0050
40	16	36,5	0,0048
45	17	40	0,0047
50	18	44	0,0047
∞	80	210	—

Man beobachtet hierbei, daß die Geschwindigkeit der Reaktion, gemessen durch die Änderung des Galvanometerausschlags pro Minute, mit der Zeit fällt im Einklang mit der Formel 1).

Zur Berechnung der Konstante der Reaktionsgeschwindigkeit brauchen wir noch den Endwert der Leitfähigkeit. Um diesen zu bestimmen, benutzt man ein Gemisch von gleicher Zusammensetzung wie das soeben erwähnte, welches schon vor der Vorlesung vorbereitet wurde und in einer gut verschließbaren Stöpselflasche während einer Stunde bis zu einer Temperatur von 50°—60° im Wasserbade erhitzt worden war. Dieses Gemisch wird noch vor dem Anfang der Vorlesung auf Zimmertemperatur abgekühlt und im Vortrag selbst zur Bestimmung der Endleitfähigkeit verwendet. Zu diesem Zweck gießt man die Mischung in den zweiten Zylinder hinein, verbindet das Galvanometer mit der ersten Glühlampe (in a) und stöpselt den Kontakt ein. Da man jetzt nur den zehnten Teil der Hauptspannung in der Zelle hat, so ist der Ausschlag des Galvanometers mit 10 zu multiplizieren, um ihn mit den vorigen Daten vergleichbar zu machen. Die Reaktion wird 40—60 Minuten im ersten Zylinder verfolgt und dann werden die Konstanten berechnet.

7. Einfluß der Anfangskonzentration. Man kann die Formel 1) direkt prüfen, wenn man x gleich Null macht, d. h. die Reaktionsgeschwindigkeit im Anfangsstadium der Reaktion prüft. Man wählt dieses Verfahren in allen denjenigen Fällen, in denen durch Auftreten neuer Stoffe Abweichungen von normalem Reaktionsverlauf hervorgerufen werden (van 't Hoff).

Um den Einfluß der Anfangskonzentration auf die Reaktionsgeschwindigkeit zu prüfen, verfahren wir folgendermaßen. In den Zylinder G werden 105 ccm und in den Zylinder H 52 ccm Methylalkohol eingeführt. Dann wird in beide Zylinder dieselbe Menge Methylsulfat wie im Versuch 1 mittels der Pipette eingefüllt (5 ccm = 0,0525 Mol.). Nach dem Umrühren erhalten wir im Zylinder C eine $^1/_2$normale und im Zylinder D eine ganznormale Lösung des Esters. Wir verbinden nun wieder beide Zellen einzeln mit dem Galvanometer, nachdem letzteres wiederum an das Ende des Lampenrheostats angeschlossen wurde, und bestimmen die Ausschläge des Galvanometers in denselben Intervallen wie in E. Wenn die Nadel an das Ende der Skala gelangt ist, verbinden wir das Galvanometer mit dem Pol der fünften Glühlampe (in C). Wir können so den Gang der Reaktion weiter verfolgen und durch Multiplikation mit 2 (entsprechend der Verminderung der Spannung auf die Hälfte) die Leitfähigkeiten im weiteren Bereich bestimmen.

Wir ersehen aus der Tabelle 4, daß sich die Ausschläge und folglich auch die Reaktionsgeschwindigkeiten in den Zylindern E, G und H wie 1 : 2 : 4 verhalten Folglich ist die Reaktionsgeschwindigkeit proportional der Konzentration.

Tabelle 4.

Zeit	Ausschläge des Galvanometers		
	Zylinder A: $^1/_4$ n.	Zylinder C: $^1/_2$ n.	Zylinder D: $^1/_1$ n.
Anfang	2	4	8
5′	4	7	14
10′	6	10,5	18
15′	8	13,5	
20′	10	17	
25′	11,5	18,5	
30′	13		
35′	15		
40′	16		
45′	17		

8. Einfluß der Temperatur. Der fünfte Zylinder enthält dieselbe Menge Methylalkohol wie der erste (210 ccm). Er befindet sich in einem Becherglas mit Wasser, welches durch eine kleine Flamme bei einer Temperatur von etwa 40° gehalten wird. Wir fügen zum Methylalkohol wieder 5 ccm Methylsulfat hinzu, rühren mittels der Elektroden um und stöpseln das Galvanometer an das freie Ende der zweiten Lampe des Rheostats. Wir beobachten jetzt, daß die Ausschläge des Galvanometers sich in demselben Tempo verschieben wie im Zylinder *E*. Da jedoch die Spannung im fünften Versuch fünfmal kleiner ist als im Versuch *A*, so schließen wir daraus, daß die Reaktion bei 40° mit einer fünfmal größeren Geschwindigkeit vor sich geht wie bei Zimmertemperatur (20°). In der Tat ist durch van 't Hoff darauf hingewiesen worden, daß in den meisten Fällen bei einer Temperaturerhöhung um 10° die Reaktionsgeschwindigkeit auf das Doppelte bis Dreifache erhöht wird.

9. Katalytische Einflüsse. Es ist auffallend, wie wenig die Umsetzung des Methylsulfats mit Alkohol von den — in anderen Fällen sehr wirksamen Katalysatoren beeinflußt wird. Platinschwarz, Wasser, Säuren sind ohne besondere Wirkung auf die Geschwindigkeitskonstante, wenn sie in geringen Mengen zugegeben werden. Außerdem wurden noch einige organische Stoffe, wie Anilin, Pyridin, Bromoform, in derselben Richtung untersucht: alle ohne nennenswerten Erfolg. Man kann daraus schließen, daß die Methylsulfatreaktion zur Demonstration der Katalyse kein geeignetes Objekt darbietet. Da jedoch die Anzahl der bekannten katalytischen Reaktionen sehr groß ist und viele von ihnen sehr elegant verlaufen, so dürfte der Mangel nicht sehr ins Gewicht fallen.

Riga, Physikalisch-chemisches Laboratorium des Polytechnischen Instituts.

Freihandversuche zu wichtigen Gesetzen des galvanischen Stroms.

Von

P. Luckey in Elberfeld.

Zu den folgenden Versuchen, die den Nebenschluß, das Voltmeter und die Wheatstonesche Brücke erläutern sollen, sind außer der Stromquelle nur ein paar Drähte, Klemmschrauben und solche Dinge nötig, die jeder Schüler zu Hause vorfindet. Es werden also weder Meßinstrumente noch besondere Widerstände benutzt. Als Stromquelle diente ein Wechselstrom von 110 Volt, der durch einen Einschraubkontakt einer Lampe entnommen und mit voller Spannung an die beschriebene Vorrichtung angeschlossen wurde. Wie sich die Versuche mit Hilfe einer Klingel auch mit Gleichstrom von 110 Volt anstellen lassen, wird unten gezeigt. Endlich kann

statt des Starkstroms auch der Strom eines kleinen, zum Galvanisieren dienenden Induktoriums benutzt werden.

1. Ein Handtuch wickelt man parallel den langen Seiten zu einer Rolle auf und umbindet diese in der Mitte zur Befestigung mit einer Hanfschnur. Jedes Ende umwickelt man mehrfach mit blankem Draht oder bequemer noch mit einem Stück dicker, weicher, nicht umsponnener Schnur aus feinen Kupferfäden, die in elektrotechnischen Läden zu kaufen ist. Ein etwa 5 cm langes Ende der Kupferschnur läßt man beiderseits überstehen, um die Rolle in den Strom einschalten zu können.

An die oberen Querhölzer der Lehnen von zwei Stühlen bindet man der Länge nach je einen kräftigen Leitungsdraht (Gardinenstange), der nach beiden Seiten zur Anlegung von Klemmschrauben einige Zentimeter übersteht. Die Stühle werden nun so einander gegenübergestellt, daß jene Drähte, die mit AA' und BB' bezeichnet werden mögen, parallel und um die Länge der Handtuchrolle voneinander entfernt sind. (B liege A gegenüber.) Die Sitze beschwert man reichlich. Nun durchtränkt man die Rolle gründlich mit Leitungswasser. Sollte dieses ihr trotz der Verunreinigungen, die das Handtuch aus der Waschlauge mitbringt, nicht die gewünschte Leitfähigkeit geben, so tut dies sicher eine schwache Kochsalzlösung. Die nasse Rolle schaltet man dann etwa bei A und B mit Klemmschrauben zwischen die Drähte und schließt an diese den Wechselstrom an.

Faßt man nun die Rolle so mit beiden Händen, daß diese sich berühren, so wird man keinen Strom spüren; führt man aber die Hände langsam auseinander (Fig. 1), so wird man stärker und stärker elektrisiert. Man kann natürlich auch mit der einen Hand dauernd an einer Stelle, etwa bei A, anfassen und die andere allmählich von ihr entfernen. Der Versuch erläutert den Gebrauch des Voltmeters, den Spannungsabfall und das Arbeiten im Nebenschluß und bildet wohl die einfachste regulierbare Vorrichtung zum Elektrisieren mit Starkstrom. Durch Anwendung stärkerer Konzentrationen beweist man die Zunahme der Leitfähigkeit mit der Konzentration.

Fig. 1.

Wünscht man Handhaben zum Galvanisieren anzuwenden, die man aus Leitungsschnüren, Tafelmessern mit Metallgriff und Klemmschrauben mit Klemme für Blech leicht improvisieren kann, so schließt man die eine an A an. Die andere muß einen auf dem Handtuch verstellbaren Kontakt haben. Man stellt ihn aus einer photographischen Klammer her, ähnlich wie W. Volkmann es in dieser Zeitschr. (*XVIII, S. 287ff.*) angibt; nur muß man an beiden Kiefern der Klammer nach vorn herausstehende große Bleche anbringen, die man passend biegt.

Statt des Wechselstroms schloß ich einen Gleichstrom von etwa 100 Volt an. Eine vorgeschaltete Klingel arbeitete bei ganz zurückgestellter Regulierschraube schwach (ohne an die Glocke anzuschlagen), aber andauernd als Unterbrecher, sobald ich zwischen AA' und BB', also parallel zur ersten, eine zweite nasse Handtuchrolle einschaltete, die aber doppelt genommen war, so daß sie nur etwa den vierten Teil des Widerstands hatte. Da eine Kohlefadenlampe dasselbe leistete, so konnte man schließen, daß die der ganzen Länge nach genommene Rolle etwa den Widerstand von vier hintereinandergeschalteten Kohlefadenlampen hatte.

2. Man schaltet zwischen AA' und BB' zwei möglichst gleiche nasse Handtuchrollen parallel. Die so gebildeten einfachen Stromzweige können durch eine Brücke verbunden werden. Faßt man die Rollen an gegenüberliegenden Stellen, wie der Turner den Barren, so spürt man nichts (Fig. 2). Durch Verschieben der einen Hand bestimmt man nach beiden Seiten die Punkte, in denen eben ein schwacher Strom empfunden wird. Die Berührung mit bestimmten, durch Versuch zu ermittelnden Stellen eines Fingers erhöht die Empfindlichkeit. Halbiert man den Abstand der beiden „Schwellen", so erhält man ziemlich genau die Nullstelle, wie

die Berührung mit den geschlossenen Lippen und endlich mit der Zungenspitze bestätigt. (Benutzt man den [langsamen] Klingelunterbrecher, so sieht man, wenn ein schwacher Strom bei den Lippen eintritt, im Takte des Klingelankers schwache Lichtscheine infolge der Reizung des Sehnerven. Man stelle den Versuch aber erst an, nachdem man mit der Hand die Nullstelle bestimmt hat.) Die Nullstelle kann natürlich auch mit einem Telephon aufgesucht werden.

3. Die Rolle AB bleibt wie früher. Die Rolle $A'B'$, deren Mitte C' heiße, werde von A' bis C' in Leitungswasser ausgewaschen, von C' bis B' aber mit einer kräftigeren Kochsalzlösung (eine Handvoll in 2 l) gut durchtränkt. Faßt nun die eine Hand bei C' an, so findet die andere die Stelle gleichen Potentials nicht mehr gegenüber, sondern an einer näher bei B gelegenen Stelle C. Das Verhältnis der Widerstände von $A'C'$ und $C'B'$ ist gleich dem Verhältnis, nach dem der Punkt C die wirksame Länge der Rolle AB teilt.

Fig. 2.

Fig. 3.

4. Die Wheatstonesche Brücke kann auch in der folgenden amüsanten Weise gebildet werden. Eine gerade Anzahl von Schülern — der Einfachheit halber seien es vier — bilden, nachdem sie ihre Hände angefeuchtet haben, einen Kreis (Fig. 3). Die Sterne bezeichnen die Stellen, wo sie sich mit den Händen anfassen. An zwei gegenüberliegenden solchen Handkontakten *a* und *b* werden die Handhaben einer Galvanisierungsquelle mitgefaßt. Als solche kann statt eines Faradisators die unter 1. angegebene regulierbare Vorrichtung benutzt werden. Ein fünfter Schüler tritt in den Kreis. Faßt er mit nassen Händen bei *c* und *d* (Fig. 3) an, so wird er meist keinen Strom spüren. In den meisten Fällen wird aber die in Fig. 3 gezeichnete Stellung, bei der der Schüler 5) die Schüler 2) und 3) bei den rechten Ellenbogen (natürlich auf der nackten Haut) faßt, schon Strom spüren lassen. Bilden mehr Schüler den Kreis, so lassen sich die Brücken in der mannigfaltigsten Weise schlagen.

Zum Schluß sei noch darauf hingewiesen, daß, wenn die Starkstromleitung Erdschluß hat, der Fußboden isolierend sein, vor allem also trocken bleiben muß.

Ein Solenoidgalvanoskop für Schülerübungen.

Von
F. Stein, Oberlehrer in Butzbach, Hessen.

Im 25. Jahrgang dieser Zeitschrift beschreibt auf S. 337 u. f. Herr B. Kolbe in St. Petersburg ein Solenoidgalvanoskop für Schülerübungen. Da ich auf der Suche nach einem derartigen Instrumente war, so waren mir die Ausführungen des Herrn Kolbe sehr willkommen. Zuerst dachte ich an eine käufliche Erwerbung der Galvanoskope, da ich 10—12 Apparate, wie wir sie zum Arbeiten in gleicher Front benötigen, wegen Mangel an Zeit selbst nicht anfertigen kann. Auf Anfrage teilte mir die Firma Kohl in Chemnitz den Preis der beiden Typen mit, jedoch reichen hierzu unsere Mittel nicht aus (Type A kostet M 95, Type B kostet M 145). Daher

wandte ich mich an die Firma L. Schmittgall in Gießen, welche mir für einen mäßigen Preis ein Galvanoskop gebaut hat, das sich für Schülerübungen gleichfalls eignen und den verschiedenen Anforderungen entsprechen dürfte. Bei der Ausführung wurde auf große Übersichtlichkeit, soliden Bau und leichtes Auswechseln einzelner Teile besonders Rücksicht genommen.

Das Grundbrett aus Eichenholz (24 × 17 × 2 cm) hat 4 kleine Füße, geringes Wackeln kann durch Unterlegen kleiner Holzkeile (aus Zündhölzern hergestellt) beseitigt werden. Auf Wunsch können natürlich auch Fußschrauben angebracht werden. Alle anderen Teile sind aus Metall hergestellt und vernickelt.

Am hinteren Rande des Grundbrettes befinden sich 5 cm voneinander entfernt die beiden etwa 30 cm hohen Säulen S_1 und S_2 (s. Fig.). Diese bestehen aus Messingrohr und sind am Grundbrette durch Verschraubung befestigt.

Am oberen Ende der Säulen ist ebenfalls durch Verschraubung ein Querstück aus Messing angebracht, das den Stiftträger T_1, durch Ebonit isoliert, trägt. Auf dem Grundbrette, mitten zwischen den Säulen, befindet sich der kleinere Stiftträger T_2.

In mittlerer Höhe ist an den beiden Säulen das Lager für die Hufeisenmagnete (M_1 und M_2) und die Skala angebracht. M_2 ist in dem Bilde abgehoben. Die beiden Weicheisenstücke m_1 und m_2 werden an die Schenkel der beiden Magnete angelegt. Dieses Lager ist aus Messingschienen von ∟-Querschnitt (10 mm breit und 1 mm dick) hergestellt, die Schienen laufen bis vor die Säulen parallel und biegen dann nach außen um, damit sie die Skala von 15 cm Halbmesser und 80 Winkelgraden aufnehmen können. Vorn bildet ein 10 mm breiter Messingstreifen den Abschluß. Damit die Skala genau horizontal liegt, sind noch die beiden 5 mm starken Messingstützen U_1 und U_2 angebracht.

Das Solenoid ist ein Hartgummirähmchen mit 250 Windungen aus Kupferdraht; es trägt unten den horizontalen Zeiger Z, der frei über der Skala schwingt. Zur Dämpfung der Schwingungen ist am oberen Teil des Rähmchens eine Papierfahne eingesteckt, die in den von den Magnetschenkeln gebildeten Hohlraum reicht. Diese Luftdämpfung hat den Vorzug, daß das Galvanoskop jederzeit leicht in Gebrauch genommen werden kann; auch ist ein Verschütten von Wasser dabei ausgeschlossen. Allerdings erfolgt die Einstellung erst nach einigen wenigen Schwingungen, aber der Zeitverlust ist gering. Bei anderen Meßgeräten ist eine sofortige Einstellung auch nicht immer vorhanden.

Um den Luftraum nach außen möglichst abzuschließen, ist auf den oberen und unteren Magnet je ein Zelluloidblatt geklebt. Die vordere Fläche wird durch ein dünnes Glasblättchen abgedeckt, das die Magnete an zwei aufgekitteten Eisenstäbchen festhalten (siehe an M_2). Zur weiteren Dämpfung und zum Schutze der Lamettafäden sind an die Säulen Glasplatten angelegt, die durch Klammern fest-

gehalten werden. Auch die Skala ist durch eine Glasplatte abgedeckt, damit auf den Zeiger keine Luftströmungen einwirken.

Die Aufhängung des Solenoids geschieht durch Lamettafäden derart, daß diese an beiden Enden mittels kleiner Häkchen in die Stiftträger und das Rähmchen eingehängt werden. Reißt einmal eine Aufhängung, so kann der Schaden sofort beseitigt werden, man hat sich nur einen kleinen Vorrat von Fäden bereitzuhalten.

Die Zuleitung des Stromes erfolgt stets durch die Klemmen A und B. Von A fließt der Strom nach T_2, durch das Solenoid nach T_1, von hier durch einen Leitungsdraht, der oben in die Säule S_1 geht und unten seitlich austritt, nach der Klemme B.

Zwischen den Anschlußklemmen sind auf dem Grundbrette die Nebenschlüsse angebracht; sie kommen in Zukunft vor die Säulen U_1 und U_2 zu liegen. Benutzt sind dabei Manganindraht und die von Noack empfohlenen Metallklötzchen. Sind die Riegel 1, 3 und 4 geschlossen und 2 geöffnet, dann liegt der Meßbereich zwischen 1—10 Milli-Amp.; sind 1, 2 und 4 geschlossen, so liegt der Meßbereich zwischen 10—100 Milli-Amp. Für andere Meßbereiche können leicht noch weitere Nebenschlüsse angebracht werden. Sind die Riegel 1 und 4 offen, dann muß der Strom durch V hindurch. Dies ist eine Spule aus Manganindraht mit so großem Widerstand, daß der Apparat dann als Voltmeter verwendet werden kann. Ich habe die Spule so ausgeglichen, daß ein Skalenteil $^1/_{10}$ Volt anzeigt.

Da die ganze Skala beiderseits 10 Teile hat, so lassen sich Ströme von 1—10 und 10—100 Milli-Amp. und Spannungen von $^1/_{10}$—1 Volt messen. Dabei entspricht ein Skalenteil 3—4 Bogengraden. Der Widerstand des Apparates ist bei Benutzung ohne einen Nebenschluß etwa 11 Ω, bei Benutzung der Nebenschlüsse 4 bzw. $^1/_2$ Ω, bei Benutzung als Voltmeter etwa 340 Ω.

Die Empfindlichkeit des Galvanoskops ist überraschend; so gab z. B. der Induktionsstrom, der durch einen Magnetstab in einer Spule von 40 Windungen aus 0,5 mm Kupferdraht hervorgebracht wurde, einen Ausschlag von 4^0—5^0. Ein Thermoelement aus Eisen-Neusilber in der Spirituslampe erwärmt liefert nach einer halben Minute einen Strom von 2 Milli-Amp.

Da es mir wünschenswert erschien, daß bei den Versuchen des Lehrers ein gleichgebautes Galvanoskop benutzt werde, so wurde auch ein Galvanoskop hierfür eingerichtet. Zu diesem Zwecke erhielt der Zeiger eine senkrecht nach unten gerichtete Spitze, die Skala wurde auch nach vorn sichtbar aufgetragen, und der Messingstreifen wurde durch einen 2 cm breiten Zelluloidstreifen in Messingfassung ersetzt. In dieser Form kann das Galvanoskop für Einzel- und Klassenbeobachtungen benutzt werden.

Die Firma L. Schmittgall in Gießen liefert das Galvanoskop ohne Nebenschlüsse für Einzelbeobachtungen zum Preise von M 40, für Klassenbeobachtungen zum Preise von M 45, die Anbringung von 2 Nebenschlüssen kostet M 10 mehr.

Eine zerlegbare Fallrinne mit elektrischen Kontakten.

Von

Bruno Kolbe in St. Petersburg.

Die Behandlung der Atwoodschen Fallmaschine bietet bekanntlich nicht nur in didaktischer, sondern auch in rein technischer Hinsicht Schwierigkeiten. Ist der Apparat, wie es wohl meist der Fall ist, nicht Präzisionsarbeit, so wollen die Versuche nicht klappen, oder — der Fußboden ist nicht unterwölbt und erleidet eine Durchbiegung, wenn die Schüler den Raum betreten. Die mit einem dreifüßigen Gestell versehenen Fallmaschinen dieser Art versagen in diesem Falle vollständig. Den

Apparat ein für allemal an der Wand zu befestigen, was das einzig Richtige ist, geht in manchen Kabinetten nicht an.

Die Galileische Fallrinne dagegen ist leicht verständlich und sehr bequem zu handhaben. Es kommt nur darauf an, den Apparat so zu bauen, daß er gut wirkt, nicht zu groß und — leicht herstellbar ist.

Auf Anregung des Herrn Prof. E. Mach (damals noch in Prag) stellte ich vor bald 30 Jahren eine einfache Fallrinne mit elektrischen Kontakten her, die erst seit Jahresfrist durch die nachstehend beschriebene vollständigere, auch zur Bestimmung der Endgeschwindigkeiten geeignete, ersetzt wurde.

Fig. 1.

Von den mir bekannt gewordenen Fallrinnen entsprach keine meinen Anforderungen: Billigkeit, leichte Herstellbarkeit und — bei guter Wirkung — geringe Größe. Die Fallrinnen von Bertram (Fricks phys. Techn. I, 2, Fig. 2236 und 2237) und Fr. C. G. Müller (Müllers Techn. Fig. 16 und 38) erschienen mir zu primitiv, indem das Passieren der Drahtbügel durch die Kugel keine sehr genaue Beobachtung gestattet.

Die Fallrinne von W. König (d. Zeitschr. *VII*, *1893—94*, *S. 4*) war schon wegen ihrer großen Dimension (440 cm) für meine Zwecke ungeeignet, auch scheint die Elfenbeinkugel (von 4,4 cm Durchmesser) zu groß. Ein Vorzug dieser Fallrinne ist, daß die Kugel beim Passieren der Merkpunkte dieses durch Drehen der beweglichen

Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4

Scheiben weithin sichtbar macht, auch gestattet sie die Bestimmung der Endgeschwindigkeit.

Die Machsche vierfache Fallrinne (Mach-Odstrčil, Leitf. d. Naturl. und Meyers Naturl., 4. Aufl., Fig. 107) scheint mir, trotz mancher didaktischer Vorzüge, nicht bequem und übersichtlich genug.

Höflers Schienenapparat (d. Zeitschr. *VII*, *281* und *VIII*, *184*) gefiel mir des rollenden Wagens wegen nicht, zudem ist der Preis (M 110) ein sehr hoher.

Von diesen Fallrinnen hat keine einzige elektrische Kontakt-Signale.

Meine Fallrinne hat eine Länge von 135 + 55 + 20 cm = 210 cm und eine Höhe von 60 mm und kann bis auf die Kugel und die beiden Klemmschrauben leicht hergestellt werden. Neu dürfte an ihr sein, daß die Kontaktzeiten konstant sind. Sie

kostet — bei Selbstherstellung — gegen M 10. Die Kugel hat 25 mm Durchmesser und besteht aus vernickeltem Messing. (Eisen oder Stahl taugt nicht.)

Die Schienen aus abgelagertem astfreien Kiefernholz wurden für die Fallrinne 135 cm lang genommen. Für die kurze Schiene (*B*, Fig. 3 und 5) genügen 55 cm.

Nachdem auf den Schienen R_1 und R_2 die Teilung mit der Bleifeder vorgezogen, wurde L und R_1 (dann L und R_2) in richtiger Stellung zusammengelegt und zwischen Holzbacken eingeklemmt. An zwei Stellen (*HH*, Fig. 4) wurden durch L, bis etwa $^5/_6$ R_1 (später R_2), mit einem amerikanischen Holz-Drillbohrer von $\sim$ 5 mm Durch messer Löcher gebohrt und aus hartem Holz passende Zapfen zugeschnitten und schwach konisch abgeschliffen.

Schiene L wurde ringsum, in zwei Lagen, glatt mit Stanniol beklebt (Stärkekleister) und vorsichtig glatt gerieben, besonders an der Lauffläche der Kugel. Nun wurden die Zapfen (mit dem stumpfen, zylindrischen Ende) senkrecht in L eingeleimt. An drei oder vier Stellen (*z*, Fig. 4) wurde ein Streifen aus dickem Karton durch Drahtstiftchen befestigt, damit beim Zusammensetzen beider Schienen (L und R_1) kein Kontakt stattfindet. Auch kann man die Kontaktstreifen auf der inneren Seite mit Papier überkleben.

An der Schiene R_1 sind bei 5, 20, 45, 80 und 125 cm Streifen Stanniol (bei dünnem Stanniol zwei Lagen) glatt herumgeklebt. Die vordere Kante der Streifen (1×5 mm, 2×5 mm, 3×5 mm, 4×5 mm, 5×5 mm breit) stimmt mit dem betreffenden Teilstrich überein. Nach völligem Trocknen wurde die Lauffläche mit Paraffin (kalt) und darauf mit einem wollenen Lappen glatt gerieben. — Infolge der — proportional der betreffenden Geschwindigkeit — wachsenden Breite der Stanniolstreifen ist die Kontaktdauer konstant, was durchaus notwendig ist[1]).

Auf der oberen, schmalen Fläche wurden die Stanniolstreifen durch ein aufgelegtes dünnes Metallplättchen und feine Drahtstiftchen (mit vorgebohrten feineren Löchern!) befestigt und auf der unteren Fläche (bei L und R_1) ein Streifen von dünnem Messingblech (15 mm breit) in der flachen Rinne angeschraubt. Bei R_1 wurde der Blechstreifen auf der inneren Seite verzinnt und die Schräubchen genau durch die Stanniolstreifen geführt (in den Zwischenräumen Drahtstifte). Unter den Blechstreifen kam ein Stanniolstreifen. Die Enden der Blechstreifen wurden vorn umgebogen und mit Klemmen versehen (*KK*, Fig. 1).

Nun wurden an der Skalenfläche (nahe den Kanten) jeder Stanniolstreifen mit einem Messer durchschnitten und abgelöst. Diese Fläche der Schienen (R_1 und R_2) wurde mit geschlagenem Eiweiß bestrichen und nach dem Trocknen die Teilstriche mit Tusche überzogen (die 0 rot).

Fig. 5.

Aus der vierten Schiene wurde in ähnlicher Weise die Doppelschiene (*B*, Fig. 3 und 5) hergestellt, die zur Bestimmung der Endgeschwindigkeiten dient. Das untere Ende des kurzen Schienenpaares ruht auf einem Brettchen von 6 mm Dicke, das auf den vorspringenden Rand des Kugelfanges geleimt ist.

Der Ständer (*A*, Fig. 1), auf dem das Vorderende der Laufschiene ruht, ist aus den Resten der Schienen hergestellt. Das aus hartem Holz hergestellte Brettchen (*u*) trägt zwei Holzschrauben (S_1, S_2) mit aufgelöteten Messingplatten. Es ist mit dem oberen Stück (*o*) verschraubt.

Die Vorrichtung zum Loslassen der Kugel zeigt Fig. 6. Sie ist aus dünnem Messingblech hergestellt und die Gabel aufgelötet. Der Drücker (*d*) wird durch eine

[1]) Versuche, die Kontakte durch kleine bewegliche Scheibchen zu ersetzen, gaben kein gutes Resultat.

schwache Spiralfeder nach oben gedrückt, so daß das andere Ende des Hebels sich mit leichtem Druck auf die herangeschobene Kugel legt, die beim Drücken (auf *d*) sofort ins Rollen kommt. Eine durch drei umgebogene Verlängerungen der umgebogenen Blechstreifen gehaltene Bleiplatte von 50 × 40 × 4 mm gibt der Vorrichtung die nötige Stabilität.

Der Kugelfang (Fig. 5) ist etwa 200 mm lang; er wurde aus starker Pappe hergestellt und mit quergelegten Wattewülsten belegt. Die Ränder haben eine Höhe von 40 mm.

Bei Bestimmung der Endgeschwindigkeit (Schiene R_2) wird auf die kurze Schiene eine Aluminiumplatte (*Al*, Fig. 6) gestellt, an welche die Kugel mit hellem Klang anstößt; dabei wird das Blech abgeschleudert.

Fig. 6.

Um die die Zeit markierenden Ziffern recht deutlich hervortreten zu lassen, sind sie auf Papierscheiben mit Tusche gemalt und aufgeklebt. Darauf wurde diese Fläche der Schiene nochmals mit Eiweiß eingerieben und nach dem Trocknen mit hellem Schellackfirnis überzogen.

Regulierung der Fallrinne. Man stellt die kurze Schiene (*B*) auf den Kugelfang, setzt *L* und R_1 zusammen und stellt sie auf das vorspringende Brettchen der Hilfsschiene und auf den Ständer *A*. Durch zwei n-förmige Bügel aus starkem Messingdraht (*b*, Fig. 3), die in ausgebohrte Löcher an den schmalen oberen Flächen gesteckt werden, sind beide Schienenpaare miteinander verbunden. Nun läßt man die Kugel (nahe dem unteren Ende von R_1) sehr langsam rollen und reguliert durch die kurzen Stellschrauben (*ss*, Fig. 5) die Neigung der kurzen Schiene (*B*) so, daß die Reibung aufgehoben wird, d. h. daß die Kugel mit gleichförmiger Geschwindigkeit entlang *B* weiterrollt.

Jetzt verbindet man die Klemmen (K_1, K_2, Fig. 1) mit drei hintereinander geschalteten frischen Leclanché-Elementen und einer kleinen, leicht ansprechenden elektrischen Klingel, läßt das Metronom Sekunden schlagen und reguliert durch die Stellschrauben S_1, S_2 die Neigung der Fallrinne, bis die Gesamtstrecke von **125 cm** in genau **5 Sekunden** durchlaufen wird. Dann muß die elektrische Klingel genau die Sekunden markieren. Bei meiner Fallrinne beträgt die nötige Höhendifferenz ~ 40 mm.

Abhängigkeit der Fallzeit von der Neigung der Fallrinne. Man mißt mit einem Tasterzirkel den Abstand der unteren Kante des Endes der Laufschiene (R_1) von der Tischplatte (= **a** mm). Ein Holzkeil (Katheten 150 und 400 mm) wird mit quadriertem Millimeterpapier so beklebt, daß an der langen Kathete ein Rand von **a** mm frei bleibt und die Linien parallel den Katheten sind. Man kann auch ein passendes dreieckiges Stück Karton mit quadr. Millimeterpapier bekleben und mit 3 Reißnägeln am Keil befestigen. Am Rande der Hypotenuse werden die Zentimeter, nach oben zählend, angegeben. Nun entfernt man den Ständer (*A*, Fig. 1) und schiebt den Keil unter[2]).

Aufgabe der Schüler ist es nun, den Keil so einzustellen, daß die gesamte Fallstrecke (125 cm) in 10 Sek., 5 Sek. und 2,5 Sek. zurückgelegt wird und die zugehörigen Höhen zu notieren. Es ergibt sich mit genügender Annäherung $h_1 : h_2 : h_3 = 1/t_1 : 1/t_2 : 1/t_3$.

[2]) Dieser Keil kann auch den Ständer ersetzen; nur muß man die richtige Stellung (s. o.) dadurch markieren, daß man mit der Bleifeder die Stelle bezeichnet, wo das vordere Ende derSchiene den Keil berührt.

Nun sage ich zu meinen Schülern: Umständliche Versuche haben gezeigt, daß ein losgelassener, freifallender Körper in der ersten Sekunde **5 m** zurücklegt. Wenn wir nun unseren Apparat so regulieren, daß die Kugel in der ersten Sekunde **5 cm** durchläuft, so ist ihre Geschwindigkeit 100 mal kleiner als beim freien Fall[3]). Die Fallgesetze bleiben aber dieselben, wir haben nur Meter statt Zentimeter zu setzen.

Das Gesetz der Endgeschwindigkeiten können wir prüfen, indem wir die Schiene R_2 verwenden und eine Aluminiumplatte (*Al*) auf der horizontalen Schiene (*B*) da aufstellen, bis wohin die Kugel in der betreffenden Zeit gelangt sein müßte. Da diese Platte um den Betrag des Radius der Kugel (12,5 mm) zurückstehen muß, empfiehlt es sich, an den umfassenden Seitenstücken Zungen von dieser Länge vorstehen zu lassen. Setzen wir z. B. die Kugel auf 80 (Fig. 30) und die Platte in 40 cm Entfernung vom Ende der Laufschiene Zählen wir nun die Sekunden, indem wir beim Loslassen „Null" sagen, so muß die Kugel beim Glockenschlage 5 an die Platte stoßen — das ist tatsächlich der Fall. (Nur für 1 Sek. stimmt der Versuch, der Reibung wegen, nicht immer glatt.)

Meine Schüler haben die Ableitung nach Beobachtungen an der Fallrinne leicht begriffen, und fanden sie viel leichter verständlich als die Ableitung auf Grund der Messungen an der Atwoodschen Fallmaschine. Haben die Schüler an der Fallrinne erst den Sinn der Fallgesetze erkannt, so wird ihnen die mathematische Entwicklung (auf der Oberstufe) nicht bloß eine „trockene Rechnung" sein.

Die beschriebene zerlegbare Fallrinne wird hergestellt von Max Kohl, A.-G. (Chemnitz), Leppin & Masche (Berlin) und Ferdinand Ernecke (Berlin-Tempelhof).

Einfaches Monochord zur akustischen Bestätigung des Parallelogrammsatzes.

Von

Prof. Dr. **Friedrich C. G. Müller** zu Brandenburg a. d. H.

Auf einem Grundbrett von 30 : 15 : 2 cm steht der 34 cm hohe und 2 cm starke Holzpfosten *A* von der aus der Figur ersichtlichen Vorderansicht. An diesem Pfosten wird das Skelett eines Kranauslegers mittels Strebe und Spanndraht hergestellt. Die 6 mm breite Strebe aus Laubsägeholz *DE* ist am Ende *D* schaufelförmig verbreitert und zu einer Schneide abgeschrägt. Am freien Ende erhält sie einen wenige Millimeter tiefen feinen Einschnitt für die 0,4 mm dicke Stahlsaite *BE*, so daß die wirksame Länge der Strebe genau gleich 200 mm wird. Der Draht wird einerseits am Wirbel *F* befestigt, anderseits zu einer Öse zum Anhängen des Gewichts *P* zusammengedreht. Das die Öse bildende gedoppelte Drahtstück soll sich vor die Spaltränder setzen und ein Durchrutschen verhindern.

Bei den angegebenen Dicken von Draht und Strebe kann die Spannung bis auf 5 kg gesteigert werden.

Zum richtigen Ansetzen der Strebe ist am Pfosten ein 200 mm langer Abschnitt eines käuflichen Buchenholzmaßstabes *BC* befestigt, dessen meist benutzten Striche mittels einer feinen Dreikantfeile ein wenig ausgetieft wurden. Auf der dem Be-

---

[3]) Bei der Unterstufe beschränke ich mich auf die runde Zahl, und halte es auch bei der Oberstufe für völlig überflüssig, bei den Rechnungen den genaueren Wert (g = 9,81 m) zugrunde zu legen, da das Fallgesetz doch nur für den luftleeren Raum gilt und bekanntlich g keine Konstante ist.

schauer zugewendeten Seite des Pfostens ist ein entsprechender Kartonmaßstab angebracht. Bei *C* ist ein 10 mm vorragender, nach oben abgeschrägter Holzsteg *G* untergeschraubt.

Die Strebe wird nun — abweichend von der seitherigen Gepflogenheit — nicht rechtwinklig angesetzt, sondern immer so, daß sie mit dem Spanndraht ein gleichschenkliges Dreieck *BDE* bildet, wobei zur Kontrolle der Saitenlänge *BE* ein genau auf 200 mm Länge geschnittenes Holzstäbchen angelegt werden kann[1]). Durch diese Anordnung wird erreicht, daß nach dem Parallelogrammsatz die Spannung stets der Stützweite *BD* umgekehrt proportional ist; in unserm Falle gleich $P.BD/200$. Diese Spannung wird nun, und das ist die zweite Neuerung, durch den Ton der Saite dem ganzen Auditorium zur Wahrnehmung gebracht. Wir hängen ein 2 kg-Stück an, und zwar zunächst ohne Strebe, wobei sich der Draht an den Steg *G* legt. Beim Zupfen ertönt der Grundton. Nun spannen wir die Strebe ein und setzen ihre Schneide auf den tiefsten Strich 200, wobei das Dreieck *BDE* gleichseitig wird: Die Saite gibt genau den gleichen Ton. Wir ersetzen das 2 kg-Stück durch $^1/_2$ kg, schieben aber die Schneide auf den Strich 50: Wiederum erklingt der nämliche Ton. Aber beim Stützpunkt 200 erhalten wir mit $^1/_2$ kg die tiefere Oktave. Jedesmal, wenn die Stützweite 4 mal kleiner genommen wird, ertönt die höhere Oktave, ebenso wie bei gleicher Stützweite durch Vervierfachung des Gewichts *P*. Die reine Quinte wird erhalten, wenn man die Strebe von 9 auf 4 versetzt.

Damit ist binnen einer Minute nicht nur der Parallelogrammsatz bestätigt, sondern auch das Gesetz gefunden, daß sich die Schwingungszahl der Saite wie die Quadratwurzel aus der Spannung verhält. Dann ist es ein leichtes, die Stützpunkte für die Tonleiter zu berechnen. Sie liegen, wenn man mit dem tiefsten Punkt 200 beginnt, bei

200 158 128 112,5 89 72 57 50.

Diese Millimeterstriche werden ausgetieft und rot gefärbt; auch auf dem Vordermaßstab werden sie rot ausgezogen und nach der C-Dur-Skala bezeichnet. Nun läßt sich die Tonleiter hinauf- und herunterspielen durch bloßes Versetzen der Strebe, ebenso bequem und schnell wie am gewöhnlichen Monochord durch Stegverschiebung.

Somit ist der einfache, fast kostenlos in der Schulwerkstatt schnell herstellbare Apparat, welcher ursprünglich nur den Parallelogrammsatz bestätigen sollte, zu einem feinen akustischen Werkzeug geworden, mit dessen Hilfe man die Beziehung zwischen Tonhöhe und Spannung ungleich leichter und schärfer erweisen kann als mittels des gebräuchlichen Monochords. Auch gestattet er eine absolute Bestätigung der Formel $n = \frac{1}{2l}\sqrt{\frac{k}{m_1}}$. Die benötigten Drähte oder Seidenschnüre sind, auf Röllchen gespult, in jeder Eisenhandlung zu erhalten. Die Herrichtung einer Saite aus Draht oder Faden nebst dem zugehörigen Wirbel ist in wenigen Minuten vollbracht. Das

[1]) *BE* und *DE* dürfen auch ungleich sein; aber während einer Versuchsreihe müssen ihre Längen unveränderlich bleiben.

jedesmalige Einspannen derselben geschieht im Bruchteile einer Minute. Durch Auswägen eines längeren Stücks der verwendeten Drahtsaite ergibt sich das Gewicht von 1 cm gleich m_1.

Bei unserm 0,4 mm-Stahldraht ist $m_1 = 0{,}00896$. Durch Belastung mit 2 kg gibt er genau den Ton $g = 391$. Aus der Formel aber berechnet sich $n = 370$, was einem mitten zwischen ges und fis liegendem Tone entspricht. Es zeigt sich also noch ein geringer Einfluß der Saitensteifigkeit. — Ein 0,3 mm-Messingdraht von $m_1 = 0{,}00588$ gab bei derselben Belastung den Ton $b = 471$, während nach der Formel $n = 456$ sein sollte; ein Ton, der mit $ais = 454$ zusammenfällt. Hier bleibt also die Differenz schon unter einem kleinen halben Ton. Bei einer seidenen Angelschnur mit $m_1 = 0{,}00117$ entsteht durch 0,5 kg ein Ton, welcher etwas unter c' liegt, und zwar um $^1/_3$ des Intervalls $c' - h$. Da $c' = 522$, $h = 490$, muß der gehörte Ton 511 Schwingungen machen. Die Formel aber führt zu $n = 512$.

Bei diesen Versuchen wird ein genau auf $c = 261$ gestimmtes Monochord zuhilfe genommen, auf dessen Brett eine Teilung nach der richtigen Skala vorgesehen ist. Die Mehrzahl der Schüler hört die Übereinstimmung zweier Töne bis auf ein Komma genau.

Überhaupt entsprach der Apparat vor der Klasse allen Erfordernissen eines guten messenden Schulapparats. Daß seine Herstellung und Verwendung auch eine passende Aufgabe für Schülerlaboratorien abgibt, bedarf kaum einer Auseinandersetzung.

Kleine Mitteilungen.

Wurf aus bewegtem Körper.

Von **Fr. Queißer** in Tetschen.

Bei Behandlung des Bewegungsparallelogramms wird meist, um das Unabhängigkeitsprinzip zu erläutern, das Beispiel von der im Eisenbahnabteil längs des Lotes fallenden Kugel oder von dem emporgeworfenen Ball auf einem fahrenden Schiffe, der wieder in die Hand des Ballspielers zurückkehrt, erwähnt. Nicht oft aber wird man bei den Schülern auf die Erfahrung aus der Beobachtung rechnen können, daß diese Körper für einen außerhalb des Fahrzeuges befindlichen Zuschauer eine Parabel beschreiben; ich hörte darüber schon recht geteilte Meinungen. Hier soll also das Experiment überzeugend eingreifen und kann etwa in folgender Weise durchgeführt werden.

Ich benutze ein leichtes Wägelchen, etwa wie es Noack in seinem Universalapparat zur Mechanik für die schiefe Ebene verwendet. Dasselbe ist aus Laubsägeholz hergestellt in parallelepipedischer Form von den Dimensionen $16 \times 6 \times 4$ cm und auf Aluminiumrädchen leicht beweglich. Die Messingachsen besitzen an beiden Seiten kleine eingelassene Stahlstiftchen, mit denen sie in entsprechend ausgehöhlten Schrauben als Lager laufen, die etwa 1 cm über dem unteren Rande des Wagenkastens eingeschraubt sind. Die Rädchen haben 3 cm Durchmesser und ragen somit $^1/_2$ cm unter dem Kasten hervor, welcher oben einen Rand von $^1/_2$ cm Höhe besitzt.

Dieses Wägelchen erhält nun eine Vorrichtung, um mittels einer elastischen Feder irgendeinen Körper, am besten eine Münze, emporzuschnellen. Mittels eines Holzklötzchens von etwa 2 cm Höhe ist eine 1 cm breite Stahlfeder befestigt, deren freies Ende durch die Nase eines Hebels von der in der Fig. 1 wiedergegebenen Form gespannt werden kann. Dieser, aus einem Blech von etwa mm-Dicke hergestellt, ist in einem in der Mittellinie der Wagenplatte liegenden Spalte um eine feste Achse (Stricknadel) leicht drehbar so befestigt, daß sein anderes Ende bei gespannter Feder $^1/_2$ cm unter der Ebene des Wagenkastens hervorragt, also mit den Rädchen fast den

Boden berührt. Der Hebel wird dann ausgelöst, wenn das Wägelchen längs einer schiefen Ebene über ein daraufgenageltes Holzklötzchen, das schmäler als die Spurweite ist, hingeleitet; eine auf die Feder gelegte Münze schnellt dann in die Höhe. Für einen späteren Versuch ist noch eine einfache Bremsvorrichtung nötig, die in folgendem besteht: Durch eine etwa 1 cm vom freien Ende der Schnellfeder entferntliegende Öffnung ist die Schlinge eines in sich geschlossenen Wollfadens gezogen, der zunächst durch ein unter der genannten Öffnung liegendes Loch der Wagenplatte läuft und dann, sich teilend, die beiden Achsen der Räder umwindet (die strichpunktierte Linie der Fig. 1). Durch ein entsprechend dickes, auch konisch zulaufendes Stäbchen, das man durch die obere Schlinge des Fadens steckt, ist der Faden so zu spannen, daß bei ungespannter Schnellfeder die Achsen durch den Faden ziemlich gebremst werden; in gespanntem Zustande der Feder ist dann der Faden locker.

Fig. 1.

Die schiefe Ebene ist ein glattgehobeltes Brett von etwa $1\frac{1}{2}$ m Länge und 20 cm Breite, das in $\frac{1}{3}$ seiner Länge das schon erwähnte Holzklötzchen von passenden Dimensionen trägt.

Mit dieser Vorrichtung ist nun folgende Versuchsreihe anzustellen:

1. Bei zunächst horizontaler Stellung der Fahrbahn wird das Wägelchen durch einen leichten Stoß zu einer gleichförmigen Bewegung veranlaßt, gegen den Anschlag getrieben und dort irgendwie so festgehalten, daß der Hebel eben ausgelöst wurde; die Münze beschreibt eine Wurfparabel, deren Form natürlich von der Endgeschwindigkeit abhängen wird, und fällt vor dem Wagen nieder.

2. Das Wägelchen wird in seiner Bewegung nicht gehemmt nach Auslösung des Hebels; die Münze beschreibt bei gleichstarkem Stoße die gleiche Parabel und fällt auf das Wägelchen zurück.

3. Man gibt der Fahrbahn eine größere oder kleinere Neigung und läßt das Wägelchen aus dem Ruhezustande die schiefe Ebene mit beschleunigter Bewegung hinabgleiten. Die Münze wird auch immer wieder auf das Wägelchen zurückfallen, nachdem sie eine steilere oder flachere Parabel beschrieben hat.

4. Um schließlich noch zu zeigen, daß das Zurückfallen der Münze nur dann eintritt, wenn diese und der Wagen gleiche Vertikalbeschleunigung aufweisen, also keine andere Dauerkraft auf sie einwirkt als die Schwere, schalte man jetzt die Bremsvorrichtung ein durch Einstecken des oben erwähnten Stiftes. Ein Teil der lebendigen Kraft des Wagens wird jetzt durch die Reibung aufgezehrt, was für die Münze nicht der Fall ist. Daher wird jetzt dieselbe wieder vor dem Wagen mehr oder weniger weit entfernt niederfallen, je nachdem man die Bremsvorrichtung stärker oder schwächer eingestellt hat.

Fig. 2.

Übrigens lassen sich leicht noch andere Versuchsbedingungen finden, auf die nicht weiter eingegangen werden soll. Auch für die mathematische Behandlung eignen sich die Versuche als praktische Anwendung der Analytik.

Die fallende Katze.[1]

Von Dr. **Franz Schicht** in Fiume.

Für ein freies System, in welchem nur innere Kräfte wirken, gilt bekanntlich der Satz von der Erhaltung des Schwerpunktes und der Satz von der Erhaltung der Flächenräume, zwei Sätze, auf denen alle sogenannten Reaktionserscheinungen beruhen.

Für zwei einzelne Massen kann man die beiden Sätze in die Formeln fassen:

$$m_1 v_1 = m_2 v_2 \text{ und } J_1 w_1 = J_2 w_2,$$

wo m die Massen, J die Trägheitsmomente, v die Bahn- und w die Winkelgeschwindigkeiten der beiden Massen bedeuten. Da sich die Vorgänge für beide Massen auf die gleiche Zeit erstrecken, so läßt sich die zweite Gleichung auch so aussprechen: Werden zwei Massen durch innere Kräfte allein in Drehung versetzt, so verhalten sich die im entgegengesetzten Sinne erfolgenden Drehungswinkel verkehrt wie die Trägheitsmomente der beiden Massen. Haben also die beiden Massen gleiche Trägheitsmomente, so werden sie gegeneinander um gleiche Winkel verdreht, andernfalls erfährt die Masse von größerem Trägheitsmoment eine kleinere Winkeldrehung.

Darauf beruht unter anderem die Erscheinung, daß eine Katze stets auf die Füße fällt, auch dann, wenn sie keine Gelegenheit hat, sich irgendwo abzustoßen. Das ist in unzweifelhafter Weise durch Versuche festgestellt worden, indem man Katzen mit den Beinen nach oben an Schnüren aufhing, die man vorsichtig durchschnitt. Sie fiel bei nicht zu kleinen Fallhöhen stets mit den Füßen voran zu Boden.

Nach dem Flächensatz ist es der Katze nur möglich, einzelne Körperteile gegeneinander zu verdrehen. Um trotzdem eine Gesamtdrehung des ganzen Körpers um die Körperlängsachse zu erzielen, gibt es für die Katze zwei Möglichkeiten:

1. Sie kann mit dem Schwanz eine rasche Drehbewegung ausführen; dann muß sich nach dem Flächensatz der Körper langsam im entgegengesetzten Sinne drehen, oder

2. die Katze verdreht die vordere und die hintere Körperhälfte schraubenförmig gegeneinander, sorgt aber durch Gestaltsveränderung für verschiedene Trägheitsmomente der beiden Körperhälften, so daß deren entgegengesetze Drehung mit verschiedener Winkelgeschwindigkeit, also in gleichen Zeiten um verschiedene Winkel erfolgt. So ist klar, daß durch abwechselnde Verdrehung in entgegengesetztem Sinne schließlich eine Gesamtdrehung des ganzen Körpers erfolgen muß. Die Änderung des Trägheitsmomentes kann aber leicht durch Abstrecken und Anziehen der Extremitäten geschehen.

Fig 1.

Denken wir uns (Fig. 1), die Katze ziehe die Vorderpfoten ein und strecke die Hinterpfoten rechtwinklig ab, und verdrehe nun die beiden Körperhälften gegeneinander, so wird die vordere Hälfte wegen des kleineren Trägheitsmomentes sich um einen größeren Winkel α nach links drehen als die rückwärtige, die sich um einen Winkel β nach rechts dreht. Nun zieht die Katze die Hinterpfoten an den Leib und streckt die vorderen normal zur Körperachse ab und verdreht die Körperhälften im entgegengesetzten Sinne gegeneinander, so dreht sich die vordere Hälfte um den kleineren Winkel β, die hintere um den größeren Winkel α zurück, im ganzen aber hat sich der ganze Körper um den Winkel ε nach links gedreht. Es ist klar, daß durch Fortsetzung dieses Verfahrens die Katze, wenn sie nur genügend Zeit hat, also

[1] Man vgl. Hartmann, diese Zeitschr. 20, 314.

die Falltiefe nicht zu gering ist, ihren Körper um einen beliebigen Winkel drehen kann, bis eben ihre Füße abwärts gekehrt sind.

Auf Anregung der Pariser Akademie der Wissenschaften hat i. J. 1894 E. J. Marey durch photographische Momentaufnahmen den Fall der Katze beobachtet und gefunden, daß er in dieser letzteren Art vor sich geht. (Enzyklop. der mathem. Wissensch. IV, 9, S. 150. Vgl. auch Föppl, Techn. Mech. IV, S. 146).

Fig. 2.

Ich habe zur Demonstration des ganzen Vorganges ein Modell (Fig. 2) konstruiert[2]). Zwei Blechzylinder sind durch einen Ring so miteinander verbunden, daß sie gegeneinander verdreht werden können. Diese gegenseitige Verdrehung erfolgt durch Drehen des Stieles, welcher die Zylinder trägt, zwangläufig um verschiedene Winkel, worauf bei fortgesetztem Drehen des Stieles im selben Sinne die Verdrehung im entgegengesetzten Sinne wieder um ungleiche Winkel erfolgt, aber so, daß jener Zylinder, der vorher den größeren Winkel beschrieb, jetzt den kleineren beschreibt und umgekehrt, wodurch eine Gesamtdrehung um einen gewissen Winkel resultiert. Die beiden Zylinder tragen Kopf, Schwanz und die vier Pfoten einer Katze, welche automatisch bei der Drehung abwechselnd angezogen und abgestreckt werden, wodurch die Änderung des Trägheitsmomentes angedeutet wird.

Hält man also das Modell so, daß die Füße aufwärts gestreckt sind, und dreht am Stiel, so sieht man, wie die beiden Körperteile unter Abstrecken und Einziehen der Extremitäten sich abwechselnd in verschiedenem Sinne gegeneinander verdrehen, bis schließlich der ganze Körper um 180° gedreht ist und die Füße nach unten gekehrt sind. —

Eine einfache Demonstrationslippenpfeife.

Von **Fr. Queißer** in Tetschen.

Zur Untersuchung der Schwingungsvorgänge in einer Pfeife wird meist der Hopkinssche Versuch angestellt, nach welchem man eine mit Sand bestreute Membran in die Pfeife einsenkt, um so insbesondere die Lage der Schwingungsbäuche festzustellen.

Viel schöner aber, weil am ganzen Pfeifenrohre gleichzeitig zu beobachten, lassen sich die Vorgänge nach Art der Kundtschen Staubfiguren sichtbar machen. Ich benützte hierzu eine Pfeife mit rechteckigem Querschnitte, deren beide Seitenwände aus Glas bestehen. Die beiden aus Holz hergestellten Mittelteile sägt man zunächst, etwa mit einer Laubsäge, aus einem etwas dickeren Brette heraus, in der Form, wie es eben dem Längsschnitte (Fig. 1) der Lippenpfeife entspricht, versieht dann das Mundstück mit einer entsprechenden Bohrung und rundet es ab, so daß man einen Gasschlauch anstecken kann. 2 Glasstreifen von passender Länge und Breite werden nun mit irgendeinem Klebmittel, am besten Siegellack, als Seitenwände luftdicht aufgeklebt, wobei man nur darauf zu achten hat, daß die Lippe in der richtigen Lage dem Spalte gegenübersteht, damit nachher die Pfeife gut anspreche. — An bestimmte Abmessungen ist man zwar nicht gebunden, doch empfiehlt es sich für das gute Gelingen des Versuches, dieselben eher größer zu wählen. Sehr schön

[2]) Der Apparat ist durch die Firma Lenoir und Forster, Wien IV, Waaggasse 5, zu beziehen.

zeigte die Erscheinung z. B. eine Pfeife mit den Abmessungen $4 \times 2 \times 57$ cm, welche etwa den Ton C_1 gab.

Man spannt nun die Pfeife horizontal ein, nachdem man, ähnlich wie in der Kundtschen Röhre, recht fein gesiebtes Korkpulver möglichst gleichmäßig in ihr verteilt hat. Das Mundstück wird mit einem Gasschlauche versehen, dem man noch eine Vorrichtung zum Trocknen der Luft vorschalten kann, falls man etwa die feuchte Atemluft benutzt. Feuchtigkeit macht dem Versuch (ähnlich wie den Staubfiguren) bald ein Ende.

Bläst man nun die Pfeife an, so zeigen sich, freilich besser bei der gedeckten Pfeife, besonders an den Stellen der Schwingungsbäuche vertikale papierdünne Schichten, aus den feinen Korkstäubchen bestehend, welche sich in heftiger Bewegung befinden, etwa im Abstande von 3—4 mm. Die Höhe dieser Blättchen nimmt vom Maximum im Schwingungsbauch mit 4—5 mm allmählich gegen die Knoten beiderseits ab (nach Fricks, Physikalische Technik I, Bd. 2, S. 1486, beobachtete KUNDT die Erscheinung mit sehr feinem Kieselsäurepulver bei der nach ihm benannten Röhre). (Fig. 2.)

Besonders schön ist es nun zu beobachten, wie diese Schichten plötzlich wechseln, wenn der Reihe nach die Obertöne der Pfeife angeblasen werden; sie zeigen sofort die Änderung der Wellenlänge, wenn der Ton umspringt, und man kann somit den Vorgang im ganzen Pfeifenrohre auf einmal beobachten. Es ist wohl selbst-

Fig. 1.

Fig. 2.

verständlich, daß man, ähnlich wie bei den Staubfiguren der Kundtschen Röhre, in der Anordnung dieser Schichten direkt ein Maß für die Länge der stehenden Wellen des betreffenden Tones und ein Bild ihrer Verteilung in der Röhre hat, wobei nur zu bemerken ist, daß der Korkstaub in der Nähe des Spaltes infolge der dort herrschenden heftigen Bewegung bald fortgeblasen ist, und diese Viertelwellenlänge hierdurch verloren geht. Aus diesem Grunde ist auch die Erscheinung für den Grundton der gedeckten Pfeife, der ja ohnedies nur ziemlich schwach angeblasen werden kann, nicht zu beobachten und setzt erst mit dem ersten Oberton ein.

Auch deswegen ist wohl der beschriebene Versuch zu empfehlen, weil er wegen des rechteckigen Querschnittes der Pfeifenröhre die Projektion des Vorganges zuläßt. Man hat dann nur dafür zu sorgen, daß man die Pfeife bequem verschieben kann, um die entstehenden Blättchenpartien vor die Linse des Apparates zu bringen.

Weniger gut zeigt, wie schon oben bemerkt, die offene Pfeife die Erscheinung, besonders wieder, was den Grundton betrifft. Auch steht jetzt dem Korkstaub auch noch das Rohrende offen, zu welchem er herausgeblasen wird. Doch auch bei den nächsten 2 Obertönen konnte ich die Schichtung noch ganz gut beobachten, besonders wenn die Pfeife ein wenig gegen das Mundstück zu geneigt wurde, so daß der Korkstaub durch sein Gewicht zum Teil in die Röhre zurückfiel.

Eine Verbesserung der Brennpunktseigenschaften von Hohlspiegeln.

Von Reallehrer **Fr. Berger** in Fürth.

Allgemein bekannt ist und überall kann man lesen, daß beim sphärischen Hohlspiegel die vom angenommenen Brennpunkte ausgehenden Strahlen nicht parallel austreten, sondern bei einigermaßen beträchtlicher Krümmung des Spiegels erhebliche Winkeldifferenzen aufweisen (Fig. 1). Ebenso wird gewöhnlich nicht versäumt, auf die günstigen Eigenschaften des Parabolspiegels hinzuweisen. Eine andere Möglich-

keit der Korrektur scheint dagegen nur wenig bekannt zu sein, nämlich die durch Kombination des Hohlspiegels mit einer Zerstreuungslinse, am einfachsten in der Art, daß die Linse eine konvexe und eine konkave Fläche erhält und die konvexe Fläche gleich als Spiegelfläche dient. Die auftreffenden Lichtstrahlen erleiden dann vor und nach der Spiegelung an der Rückseite je eine Brechung beim Eintritt und Austritt an der Vorderseite des Glaskörpers. Diese Brechung wirkt stets in dem Sinne, daß sie den Winkel zwischen einfallenden und reflektierten Strahlen vergrößert (Fig. 2). Durch

Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

passende Wahl der Krümmungsradien (z. B. $r_1 = 16$, $r_2 = 14$, $n = 1{,}6$) kann eine hinreichende Korrektur bis zu einer Öffnung des Spiegels von 80—90° erreicht werden. Ganz ungünstig ist die Wirkung der Glasträger der gewöhnlichen im Handel vorkommenden Hohlspiegel, welche auf der Vorderfläche plan geschliffen sind (Fig. 3). Hier wird der Fehler noch vergrößert, wie eine Überlegung der eintretenden Lichtbrechungen sofort dartut. — Die vorstehend geschilderte Verbesserung scheint in England bekannt geworden zu sein, was der Berichterstatter aus einem Prospekt einer englischen Automobilscheinwerferfabrik schließen zu müssen glaubt.

Über die Schaltung galvanischer Elemente.

Von **W. Leick** in Berlin-Lichterfelde.

Die Aufgabe, n untereinander gleiche Elemente so zu schalten, daß die Stromstärke einen möglichst hohen Wert erreicht, wird in den meisten Lehrbüchern der Physik etwa in folgender Weise behandelt. Zuerst werden die Formeln für Hintereinanderschaltung und Parallelschaltung aufgestellt. Darauf folgt die Besprechung der Gruppenschaltung, bei der die n vorhandenen Elemente in p-Gruppen von je q parallelgeschalteten Elementen angeordnet werden. Die Stromstärke ist dann:

$$i = \frac{p\,e}{p \cdot \frac{w_i}{q} + w_a} = \frac{e}{\frac{w_i}{q} + \frac{w_a}{p}},$$

wo $p \,.\, q = n$ sein muß.

Dieser Ausdruck wird ein Maximum, wenn $p = \sqrt{\frac{n \cdot w_a}{w_i}}$ und $q = \sqrt{\frac{n \cdot w_i}{w_a}}$ ist. Dabei ergibt sich das wichtige Resultat, daß im Falle der maximalen Stromstärke der innere Widerstand gleich dem äußeren ist.

Das ist natürlich richtig, wenn p und q Größen sind, die sich stetig ändern. Tatsächlich müssen aber beides ganze Zahlen sein. Infolgedessen ist der obige Fall nur sehr selten (wenn n eine Primzahl ist, niemals) physikalisch realisierbar. Auf die wirklich möglichen Schaltungen wird in solchen Fällen fast nie eingegangen; öfters findet sich aber der Hinweis, daß man die dem berechneten Werte von p (bzw. q) am nächsten kommenden ganzen Zahlen wählen, oder auch, daß man die Schaltung so einrichten müsse, daß der innere Widerstand gleich oder „möglichst gleich" dem äußeren Widerstande sei; beides ist falsch.

Wollte man die Aufgabe allgemein behandeln, so hätte man etwa p-Gruppen hintereinander zu schalten, von denen die erste a_1 nebeneinander geschaltete Elemente enthielte, die zweite a_2 usf.

Dann ist die Stromstärke:

$$i = \frac{p e}{\frac{w_i}{a_1} + \frac{w_i}{a_2} + \ldots + \frac{w_i}{a_p} + w_a}.$$

Dieser Ausdruck wird ein Maximum, wenn man

$$\frac{1}{p}\left(\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} + \ldots \frac{1}{a_p} + \frac{w_a}{w_i}\right)$$

zu einem Minimum macht. Dabei kann p alle ganzen Zahlen von 1 bis n durchlaufen, während die a ebenfalls ganze Zahlen sein müssen, die die Bedingung

$$a_1 + a_2 + \ldots a_p = n$$

erfüllen.

In dieser allgemeinen Form scheint das Problem noch nicht gelöst zu sein. Es bietet auch ziemliche Schwierigkeiten, so daß die Behandlung im Schulunterricht ausgeschlossen ist. Ich beschränke mich daher darauf, von den Ergebnissen nur das mitzuteilen, was sich in wenigen Worten sagen läßt:

1) Bei einem fest angenommenen Wert von p ist die Schaltung, welche die maximale Stromstärke liefert, von den Widerständen w_i und w_a ganz unabhängig.

2) Eine maximale Stromstärke kann nur erreicht werden durch eine Schaltung, die entweder aus lauter a-fachen, oder aus a- und $(a+1)$-fachen Elementen besteht.

3) Für eine günstigste Schaltung kommen nur Werte von p in Betracht, die gleich n oder $\left[\frac{n}{2}\right]$ oder $\left[\frac{n}{3}\right]$ usw. sind. (Ist n durch r nicht teilbar, so soll $\left[\frac{n}{r}\right]$ die den Bruch $\frac{n}{r}$ einschließenden ganzen Zahlen bedeuten.)

4) Die Gleichheit von innerem und äußerem Widerstand bietet keinen Anhaltspunkt dafür, ob eine günstigste Schaltung vorliegt oder nicht.

Letzteres sei wenigstens an einem einfachen Beispiel dargetan: Für 4 Elemente ($e = 1$, $w_i = 0{,}2$ und $w_a = 0{,}5$) sind die folgenden fünf Schaltungen möglich:

1) $1+1+1+1$ 2) $1+1+2$ 3) $1+3$ 4) $2+2$ 5) 4.

Die Formel $p = \sqrt{\frac{n \cdot w_a}{w_i}}$ würde $p = 3{,}1$ liefern.

Für $p = 3$ ist nur eine Schaltung möglich, nämlich $1+1+2$.

Dann ist:

$$i = \frac{3}{0{,}5 + 0{,}5} = 3.$$

Der innere Widerstand ist bei dieser Schaltung also gleich dem äußeren Widerstand. Trotzdem ist eine andere Schaltung günstiger, obwohl sich bei ihr innerer und äußerer Widerstand erheblich unterscheiden. In der Tat erhält man für die Schaltung $1+1+1+1$ die maximale Stromstärke, nämlich

$$i = \frac{4}{0{,}8 + 0{,}5} = \frac{40}{13} = 3\frac{1}{13}.$$

Vorlesungsversuch zur Chlorierung des Eisens.

Von Prof. **O. Ohmann** in Berlin.

In den Handbüchern der Laboratoriumstechnik wird in erster Linie die Chlorierung des Eisens durch Erhitzen des Metalles im Chlorstrome, und zwar im schwerschmelzbaren Glasrohr, mit oder ohne Verwendung eines Porzellanschiffchens beschrieben. In zweiter Linie wird zuweilen noch der Versuch des Einstreuens erhitzten Eisenpulvers in Chlor berücksichtigt[1]). In beiden Fällen ist besondere Er-

[1]) M. Rosenfeld, Einwirkung von Chlor auf Eisen: diese Zeitschr. **14**, S. 225.

hitzung erforderlich. Es ist aber gerade für einen Vorlesungsversuch erwünscht, auch das Exothermische des Vorganges so klar und einfach wie möglich zur Anschauung zu bringen. Dies läßt sich mit der von mir näher beschriebenen Stahlwolle[2]) erreichen.

Man befestigt einen etwas zusammengedrückten Bausch dieser Stahlwolle[3]) von etwa 1/2 bis 1 g an einen unten hakig gekrümmten Eisendraht, der oben noch rechtwinklig gebogen ist (s. Figur). Bringt man diese Vorrichtung in Chlor, so erfolgt keine Selbstentzündung bzw. Selbstvereinigung. Taucht man jedoch das untere Ende *a* des Bausches in eine auf Papier geschüttete Messerspitze voll pulverisierten Antimons, drückt den untersten, ev. noch eine Spur befeuchteten Teil in das Antimonpulver hinein, so daß einige Stäubchen sicher daran haften, und führt nun das Ganze in einen mit Chlor gefüllten Fußzylinder (1 l) ein, so bringt das selbsterglühende Antimon die Stahlwolle an den betreffenden Punkten auf die Entzündungstemperatur, und das Eisen vereinigt sich unter ziemlich glänzendem Licht mit dem Chlor, wobei dicke gelbbraune Wolken sich bilden, die aber nicht belästigend herausdringen, vielmehr bei *b* ein eigenartiges Wogen zeigen. Man wird sogleich nach Einführen des Metalles den Zylinder bedecken. Später läßt sich nach vorsichtigem Herausnehmen des noch am Drahte haftenden Teiles des Produktes die Bildung von Eisenchlorid unmittelbar beobachten: der größere Teil ist indessen gegen die Wandung sublimiert, und es läßt sich durch Hinzufügen von etwa 100 ccm Wasser an der entstehenden satten gelbbraunen Farbe die Löslichkeit gut demonstrieren. Das Hygroskopische der entstandenen Verbindung tritt dadurch hervor, daß der Draht bis oben hin von stark feuchtem Salze bedeckt ist. Die angegebene Methode der Zündung läßt sich auch bei einigen anderen Metallen mit Vorteil anwenden.

Versuche mit einfachen Mitteln.

1. **Zur Reflexion am Ende von Röhren.** Von **O. Praetorius** in Darmstadt. Daß die tonerzeugenden stehenden Wellen in Lippenpfeifen und anderen angeblasenen Röhren durch Reflexion fortschreitender Luftwellen am offenen oder geschlossenen Ende zustande kommen, läßt sich zeigen, indem man das Ende der Röhre mit einem Wattepfropfen verschließt. Da an der Watte keine (höchstens eine Art diffuser) Reflexion möglich ist, kommen keine stehenden Wellen zustande; es läßt sich kein deutlicher Ton hervorbringen.

2. **Wirkung des Schleiftaues beim Luftballon.** Von **O. Praetorius** in Darmstadt. Das Schleiftau eines Luftballons dient in erster Linie dazu, den fallenden Ballon zu entlasten, sobald er in eine gewisse Höhe über dem Erdboden gekommen ist, und ihn dann in dieser Höhe zu halten. Diese Wirkung des Schleiftaues ist leicht zu veranschaulichen durch einen Jahrmarktsballon, an den ein Faden gebunden wird, dessen Gewicht größer ist als die Steigkraft des Ballons. Lehrreich ist eine Übertragung der Erscheinung auf einen in Wasser schwebenden Körper: befestigt man an einen Schwimmer (Probierglas mit Kork und Schrotbeschwerung) ein Kettchen

[2]) O. Ohmann, Über einige Eigentümlichkeiten der Metallwolle; Ber. d. D. chem. Ges. **45**. S. 2973; diese Zeitschr. 26, 115.

[3]) Die Firma Dr. Rob. Muencke, Berlin N 4, Chausseestr. 8, liefert geeignete entfettete Stahlwolle Nr. 0 (50 g M 0,50).

von hinreichendem Gewicht, so taucht der Schwimmer unter, schwebt aber über dem Boden des Wassergefäßes, sobald so viel von der Kette auf dem Boden liegt, wie ihr Gewicht die Steigkraft des Schwimmers übertrifft.

Für die Praxis.

Eine einfache Herstellung von Matrizen für galvanoplastische Abdrücke. Von Dr. **Pötzsch** in Berlin-Lichtenberg. Es wird meist empfohlen, die Münze, von der ein galvanoplastischer Abdruck hergestellt werden soll, mit einem Papierrand zu umkleben und den entstehenden Zylinderraum mit Stearin auszugießen. Dabei muß der Papierrand erst richtig zusammenkleben, was einige Zeit in Anspruch nimmt. Außerdem schließt er oft nicht dicht, und es ist wenig angenehm, wenn die Füllmasse durchläuft.

Folgende Methode, die dem Einbetten botanischer und zoologischer Objekte zwecks Herstellung mikroskopischer Schnittpräparate nachgebildet ist, führt rasch, sauber und sicher zum Ziel:

Eine Uhrschale und eine runde Münze werden mit Vaseline eingefettet. Die Münze wird, mit der abzudrückenden Seite nach oben, in das Uhrglas gelegt und flüssiges Paraffin (oder auch Stearin) darüber gegossen. Der Rand der Münze legt sich durch das Vorhandensein der Vaseline dem Uhrglas dicht an, so daß kein Paraffin unter die Münze läuft. Jetzt läßt man die Uhrschale auf Wasser schwimmen, bis das Paraffin erstarrt ist, was einige Minuten dauert. Dann wird die Schale in das Wasser gestoßen. Nach kurzer Zeit schon läßt sich das Uhrglas und die Münze mit vorsichtiger Zuhilfenahme eines Messers von dem Paraffin abheben.

Elektrizitätsleitung in Glas. Von Dr. **Th. Schröder** in Straßburg i. Els. Mit den einfachsten Mitteln läßt sich die Elektrizitätsleitung in erhitztem Glas sowie die bei ihr auftretende Polarisation nach folgendem sehr naheliegendem Verfahren (vgl. auch F. Haber in *Zeitschr. f. anorgan. Chemie 57, 1908*) demonstrieren: In einem kleinen Tontiegel wird Blei geschmolzen; senkt man in dieses ein mit Bleistückchen gefülltes Reagenzglas vorsichtig hinein, so erhält man eine dünne Glasschicht zwischen zwei Elektroden aus geschmolzenem Blei. Zwei in Stativklemmen befestigte und in die beiden Bleimassen tauchende Kupferdrähte bewirken die Verbindung mit der Stromquelle und dem Galvanometer. Mit dem einfachen Apparat läßt sich zeigen:

1. In dem Kreise Galvanometer—Blei—Glas—Blei—Galvanometer (ohne Stromquelle) entsteht auch in hoher Temperatur kein Strom.
2. Wird außerdem eine schwache elektromotorische Kraft (ein Akkumulator oder die Batterie einer elektrischen Taschenlaterne genügt) eingeschaltet, so erhält man nahe dem Schmelzpunkt des Bleies keinen, in höherer Temperatur jedoch einen kräftigen Strom, der infolge starker Polarisation bald abnimmt.
3. Eine starke elektromotorische Kraft (z. B. 8 Akkumulatoren) gibt bei dunkler Rotglut eine starke, nur im Anfang etwas zurückgehende Ablenkung der Nadel.
4. Nach Abschaltung der Stromquelle zeigt das Galvanometer einen starken, langsam abklingenden Polarisationsstrom an.

Für die Versuche genügt ein einfaches Demonstrationsgalvanometer mit vielen Windungen dünnen Drahtes. Eine Klingel konnte ich selbst bei viel stärkerer Stromquelle nur einen Moment zum Tönen bringen; vielleicht lag das daran, daß mir eine Klingel von großem Widerstand nicht zur Verfügung stand.

Auch ohne Einschaltung einer besonderen Stromquelle schlägt das Galvanometer aus, wenn man die eine Bleielektrode durch einen Zusatz (z. B. Silicium oder Schwefel) verändert, oder wenn man das Blei im Reagenzglas durch geschmolzenen Salpeter ersetzt.

Verwendung von Reagenzgläsern mit seitlichem Rohransatz. Von **E. Mannheimer** in Mainz. Diese von Rebenstorff angegebenen (diese Zeitschr. *XVIII*, *225*), in chemischen Schülerübungen als Gasentwicklungsgefäße, Waschflaschen usw. fast unentbehrlich gewordenen handlichen Apparate lassen sich auch mit Vorteil anstatt der teureren Kugelröhren zur Synthese des H_2S aus seinen Elementen verwenden. Das (dünnwandige) Reagenzglas wird 1—2 cm hoch mit Schwefelstücken gefüllt. Durch ein rechtwinklig gebogenes Rohr im einfach durchbohrten Stopfen wird Wasserstoff eingeleitet, nach der Knallgasprobe der Schwefel zum Sieden erhitzt, und am Rohransatz der Schwefelwasserstoff durch Bleipapier nachgewiesen.

Apparat zur Verhütung des Umherspritzens heißer Flüssigkeiten. Von Dr. **J. Lang** in Cöln a. Rh. Der in der Zeichnung dargestellte Apparat soll dazu dienen, ein Auslaufen von heißen Flüssigkeiten auf den Experimentiertisch zu verhüten. Er hat den weiteren Zweck, bei einer eventuellen Explosion gefährlicher Flüssigkeiten, wie Säuren und Alkalien, nach Möglichkeit ein Unglück abzuwehren. Trotz sorgfältigsten Experimentierens ist es nicht immer möglich, ein Zerspringen des mit heißer Flüssigkeit gefüllten Kolbens zu verhüten. Der Apparat sei daher besonders den Anfängern sowie den Schülern des Praktikums zur Beachtung empfohlen.

Der Kochkolben *A* steht in einem Trichter *B* von dessen Wandung durch Asbeststreifen *K* getrennt. Der Boden des Trichters *B* hat eine Öffnung *L*, deren Rand etwas nach unten gebogen ist. Die Öffnung *L* führt in einen zylindrischen Raum *C*, der in seinem unteren Teil von Löchern in doppelter kreisförmiger Anordnung durchbohrt ist. Unterhalb dieser Löcher verjüngt sich *C* zu der Röhre *D*, welche bis beinahe auf den Boden der halbkugelförmigen Schale *E* reicht. Das Ganze wird, wie die Zeichnung zeigt, durch einen Dreifuß, der gleichzeitig die Schale mit dem oberen Teile verbindet, zum Aufrechtstehen gebracht. Im oberen Teil von *C* liegt ein Gasring *F* parallel zu dessen Wandung. Die Öffnung des Gasringes ist etwas weiter als *L*. Seine seitliche Röhre *G* ist an einem Fuße des Dreifußes befestigt. *G* ist so weit, daß jeder beliebige Bunsenbrenner *H* in ihren vorderen Teil geschoben werden kann.

Der Apparat ist aus Schmiedeeisen angefertigt und autogen zusammengeschweißt. Nur der Gasring *F* besteht aus Kupfer. Schiebt man den Bunsenbrenner *H* in die Röhre *G* und öffnet den Gashahn, so lassen sich die Flämmchen bei *F* entzünden und brennen in ringförmiger Anordnung um die Öffnung *L*, den Boden von *B* bespülend. Die heißen Gase entweichen durch *L* und treffen zentral auf den Boden von *A*. Springt *A* durch irgend einen Zufall, etwa durch Siedeverzug usw., so nimmt *B* die Flüssigkeit auf und leitet sie durch *L* nach *C*. Hier fließt sie durch den Gasring *F* in die Röhre *D* und sammelt sich schließlich in *E*. Da *D* tief in *E* hineinragt, ist ein Umherspritzen heißer Flüssigkeit völlig ausgeschlossen. Ebenso ist es unmöglich, daß der Bunsenbrenner durch eindringende Flüssigkeit verunreinigt wird, und schließlich schützt der hohe Trichter *B* bei einer etwaigen Explosion des Kolbens den Experimentator.

Der Apparat ist in verschiedenen Größen von der Firma F. Hugershoff in Leipzig zu beziehen.

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Ein Demonstrationsmodell für Wellenvorgänge. Von H. Barkhausen (Dresden). Das Modell zeichnet sich durch große Einfachheit und billige Herstellung, besonders aber dadurch aus, daß es wirklich die theoretischen Verhältnisse der Saiten- und Pfeifenschwingungen wiedergibt und nicht wie die üblichen Modelle mit an Fäden hängenden Kugeln von der Schwerkraft störend beeinflußt wird. Es besteht aus einem dünnen Draht, auf den in gleichmäßigen Abständen längere Blechstreifen quer aufgelötet sind. Die Streifen sind so ausgerichtet, daß sie in der Ruhelage gerade von der Stirnlage gesehen werden, also ganz schmal erscheinen. Versetzt man dieses Gebilde in Torsionsschwingungen, so erscheinen die Streifen durch ihre Drehung um so größer, je größer die Schwingungsamplitude an der betreffenden Stelle ist. Man erhält dadurch ein vollständiges Bild der ganzen Amplitudenkurve längs des Drahtes; Der Vorgang spielt sich desto langsamer ab, läßt sich also in seinen Einzelheiten um so besser verfolgen, je dünner der Draht und je größer das Trägheitsmoment der Blechstreifen ist. Eine Schwingungsdauer von mehreren Sekunden läßt sich gut herstellen.

Fig. 1 und Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 1 (Aufriß) und 2 (Grundriß) zeigen den Draht horizontal über einem Brett ausgespannt, das an beiden Seiten senkrechte Stützbretter trägt, woran die Drahtenden befestigt sind.[1]) Um das Durchhängen des Drahtes zu vermeiden, kann er ein- oder mehrmals gestützt werden, ohne daß die dadurch bedingte Reibung sich irgendwie störend bemerkbar machte. Zwei aufklappbare, durch zwei Fäden verbundene Bügel an beiden Enden des Grundbrettes dienen zur Dämpfung der Schwingungen. Ein weißer Karton zwischen den Stützbrettern bildet den hellen Hintergrund. Die Blechstreifen können an der Ober- und Unterseite verschieden gefärbt sein, wodurch man noch besser sieht, wie sich benachbarte Bäuche gerade in entgegengesetzter Richtung bewegen. Die Streifen erscheinen dannn zu beiden Seiten eines Knotenpunktes in verschiedener Farbe entsprechend der positiven und negativen Schwingungsamplitude. Fig. 3 gibt die Momentaufnahme einer stehenden Welle während der Bewegung wieder. Bei Fig. 4 und 5 ist das Brett senkrecht auf eins der Stützbretter gestellt. Außerdem ist der Draht am unteren Ende aus seiner Befestigung losgemacht. An diesem freien Ende stellt sich daher bei stehenden Wellen ein Schwingungsbauch her, die Strecke vom Drahtende bis zum nächsten Knotenpunkt ist folglich nur halb so lang wie die zwischen zwei Knotenpunkten.

---

[1]) Die Abbildungen 1 und 2 hat Herr H. Barkhausen eigens für diesen Bericht anzufertigen die Freundlichkeit gehabt.

Die hier abgebildeten stehenden Wellen kann man etwa bis zur fünften Oberschwingung leicht mit der Hand erregen, indem man den ersten Streifen in entsprechendem Takt ganz wenig hin und her bewegt. Einmal erregt, halten sich die langsamen Schwingungen minutenlang von selbst, da die Dämpfung gering ist. Natürlich kann man sie auch durch eine periodisch wirkende Kraft, am einfachsten durch ein kleines,

Fig. 4. Fig. 5.

direkt an dem horizontalen Draht selbst aufgehängtes abgestimmtes Pendel dauernd unterhalten.

Sehr gut läßt sich auch die Fortpflanzung eines Impulses demonstrieren, am besten an dem senkrechten Modell mit unten offenem Ende. Stößt man den untersten Streifen kräftig an, so dreht sich immer ein Streifen nach dem andern herum, während sowohl die noch nicht verdrehten wie die verdrehten Streifen vollständig in Ruhe verharren. Kommt der Impuls oben an, sind für einen Moment alle Streifen verdreht, aber sofort dreht sich der oberste Streifen zurück, der Impuls wird mit verändertem Vorzeichen reflektiert und läuft wieder nach unten, alle Streifen wieder zurückdrehend. Am unteren offenen Ende findet aber eine Reflexion ohne Vorzeichenwechsel statt. Während der Impuls also nach oben zurückläuft, drehen sich die Streifen nacheinander in der der ersten entgegengesetzten Richtung, erscheinen also jetzt schwarz, wenn sie vorher rot waren.

Da die Schwingungen den Pfeifen- oder Saitenschwingungen vollkommen entsprechen, ist das Modell auch zu quantitativen Messungen geeignet. Zum Beispiel ließ sich durch einfaches Abzählen leicht feststellen, daß die Anzahl der Grund- und Oberschwingungen in der Minute bei einerseits offenem Ende sich wie 1 : 3 : 5 : 7 : 9 verhalten, bei beiderseits festem Ende wie 2 : 4 : 6 : 8 : 10 : 12, und daß die Zeit, während der eine Impuls längs des Drahtes einmal hin und her läuft, gleich der der Grundschwingung bei beiderseits festem Ende ist. Weitere Anwendungen, z. B. die am offenen Ende belastete Saite, die einer Antenne für drahtlose Telegraphie mit eingeschalteter Verlängerungsspule entspricht, oder in Analogie zu den elektrischen Leitungen mit verschiedener Charakteristik, die Zusammensetzung zweier Drähte von verschiedener Dicke oder verschieden starker Blechstreifen, die Unterdrückung der Reflexion eines Impulses durch entsprechende Dämpfung des letzten Streifens lassen sich experimentell in leicht zu findender Weise verwirklichen.

Ein ähnlicher Apparat ist bereits von W. H. Julius in dieser Zeitschr. *XX*, *87* (1907) beschrieben. Die vorliegende Konstruktion unterscheidet sich davon namentlich durch die Wahl eines sehr dünnen Drahtes, infolge wovon die einfachen dünnen Blechstreifen als Schwingungselemente genügen, während Julius Querstäbe, die an den Enden 1,2 cm dicke Messingkugeln tragen, verwenden muß. Die Herstellung gestaltet sich hierdurch erheblich wohlfeiler.

Das ca. 2 m lange Modell wird von C. Warmbach in Dresden-Loschwitz, Wunderlichstr. 1b, für M 25 geliefert, wofür auch das erwähnte Pendelchen beigegeben wird.

(*Physikal. Zeitschr. 1913. S. 620* und *850*).

Bildung von Flüssigkeitskugeln. Von C. R. Darling. Besonders geeignet hierfür ist Orthotoluidin; es hat tiefrote Farbe, ist unlöslich in Wasser und bei 24° von derselben Dichte wie Wasser. Oberhalb dieser Temperatur ist es leichter und unterhalb schwerer als Wasser von derselben Temperatur. Man benutzt zum Einbringen des Orthotoluidins

in das Wasser eine mit einem Hahn versehene und am unteren Ende auf 3 bis 4 cm erweiterte Röhre, die genau bis auf die Oberfläche des Wassers reicht. Man kann so Tropfen von 3 bis 4 cm Durchmesser erzielen, die je nach der Temperatur des Wassers zu Boden sinken oder aufsteigen. Man kann das Sinken der Toluidinkugeln dadurch verhindern, daß man mit einer Pipette 5%ige Salzlösung auf den Boden des Behälters bringt, und kann auf diese Art freischwebende Flüssigkeitskugeln von 200 ccm und mehr erhalten (Knowledge, *Febr. 1913; Prometheus, Nr. 1240, 1913*).

2. Forschungen und Ergebnisse.

Diffusion von Metallen in Glas[1]). In der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt hat G. Schulze zunächst Versuche angestellt über die Diffusion von Silber in Glas. Schon 1910 fanden Heydweiller und Kopfermann, daß sich Silber aus geschmolzenem Silbernitrat nicht nur elektrolytisch leicht in Glas einführen läßt, sondern auch ohne Elektrolyse lediglich durch Diffusion in Glas einwandert. Die Diffusion wird erst merklich bei Temperaturen von mehr als 250° C. Schulze benutzte bei seinen Versuchen Glasröhren von etwa 5,5 mm äußerem Durchmesser, 0,45 mm Wandstärke und 200 mm Länge. Das Rohr wurde in natriumfreies Silbernitrat eingetaucht; die Diffusion ging dann sowohl von der Außenwand als auch von der Innenseite des Rohres vor sich. In 30 Stunden drangen bei 350° pro qcm 7,8 mg Silber ein. Es wurde dann die Silbermenge, die in das Glas, und die Natriummenge, die in das Silbernitrat eingewandert war, bestimmt. Dabei ergab sich, daß das Silber in Form freier Ionen in das Glas hineindiffundiert und daß für jedes eintretende Silberion ein Natriumion austritt. Für Leitfähigkeitsbestimmungen wurde mit Hilfe von Elektrolyse Silber aus geschmolzenem $AgNO_3$ in das Glas eingeführt; die Leitfähigkeit des Glases wurde beim Ersatz des Natriums durch Silber auf das 1,5fache erhöht. Auf Grund der Beobachtungen Schulzes gibt E. Warburg eine Theorie der Diffusion von Metallen in Glas, bei der folgende Annahmen gemacht werden: 1. Bei der elektrischen Leitung sowie bei der Diffusion wandern nur die positiven metallischen Ionen; 2. Bei der Diffusion wird jedes Natriumion durch ein Metallion ersetzt; 3. Alles Natrium im Glase befindet sich im gleichen Ionenzustand; 4. Die freien Ionen üben im Glase wie in einer Flüssigkeit einen osmotischen Druck aus, der nach den Gasgesetzen zu berechnen ist. In Übereinstimmung mit dieser Theorie war die in das Glas diffundierende Silbermenge der Wurzel aus der Diffusionsdauer und der Wurzel aus der Leitfähigkeit des Glases $\times$ absolute Temperatur proportional. Die Konzentration des Silbers im Glase nahm mit zunehmender Tiefe geradlinig ab. Schulze stellte auch für die aus $AgNO_3$-Schmelzen in das Glas diffundierenden Silbermengen, die Konzentration des Silbers in der Glasoberfläche, die Eindringtiefe des Silbers als Funktion der Verdünnung der Schmelzen auf Grund einfacher Annahmen Formeln auf, die durch die Versuche bestätigt wurden.

Schk.

[1]) Ann. d. Physik **40**, 327, 335 (1913).

Messung der spezifischen Wärme fester Körper bei hohen Temperaturen. M. v. Pirani beschreibt drei Methoden zur Bestimmung der spezifischen Wärme oder „Erwärmungsenergien“ bei hohen Temperaturen.[1]) Die erste Methode ist verwandt der von Eucken für tiefe und von Lecher für hohe Temperaturen beschriebenen. Ein gut durch Kieselgurpackungen nach außen hin isolierter Widerstandsofen wird auf die gewünschte Temperatur geheizt; im Innern dieses Ofens befindet sich ein zweiter, sehr kleiner Widerstandsofen. Führt man der Heizwickelung des inneren Öfchens eine bestimmte Zeit τ hindurch elektrische Energie zu, so erhöht sich seine Temperatur um Δt. Legt man in das Öfchen den Körper, dessen spezifische Wärme man messen will, so wird eine größere Energiemenge zuzuführen sein, um in derselben Zeit τ die gleiche Temperaturerhöhung Δt zu erzielen. Die Differenz beider Energien ist dann die Energie, welche dem Körper in der Zeit τ zugeführt werden mußte, um ihn um Δt Grad zu erwärmen. Daraus läßt sich dann die spezifische Wärme berechnen.

Die Versuche wurden in Wasserstoff angestellt, von dem der große Ofen durchflossen wurde. Die Temperaturen wurden mit einem Thermoelement gemessen. So ergab sich

[1]) Verh. d. Deutschen Phys. Ges. **14**, 1037 (1912).

z. B. bei einem Nickelstück von 27 g, daß bei einer Temperatur von 1160° zur Erzielung einer Temperaturerhöhung von 47° in 30 Sek. eine Energiezufuhr von 125 Watt nötig war, während bei leerem Öfchen nur 60 Watt gebraucht wurden, daraus berechnet sich die spezifische Wärme des Nickels bei 1160° zu 0,37 Cal. pro Gramm. Weitere Versuche wurden mit Eisen, Aluminiumoxyd, Wolfram gemacht. Die Genauigkeit dürfte $\pm 10\%$ betragen; durch Evakuierung des äußeren und Verringerung der Wärmekapazität des inneren Ofens könnte man genauere Resultate erhalten.

Die beiden andern vom Verfasser angewandten Methoden zur Bestimmung der Wärmekapazität beruhen auf folgenden Überlegungen: Bringt man einen leitenden Körper durch elektrische Erwärmung in hohem Vakuum auf irgendeine Temperatur, so verliert er praktisch die ganze zugeführte Energiemenge in Form von Strahlung. Erhöht man plötzlich auf kurze Zeit die Energie, so erhöht sich seine Temperatur nach Maßgabe seiner spezifischen Wärme und nach Maßgabe der Strahlungszunahme. Da die bei jeder Temperatur verlorene Strahlungsenergie in Wattsekunden proportional der Ausstrahlungszeit wächst, die Erwärmungszeit aber für jede Temperatur eine von der für die Erwärmung aufgewandten Zeit unabhängige Konstante ist, so ist es möglich, durch Abkürzung der Erwärmungszeit den prozentischen Betrag der Strahlungsverluste beliebig weit herunterzusetzen.

Hierauf gründete der Verfasser seine oszillographische Methode. Nimmt man mit einem Oszillographen den Einschaltstrom einer Glühlampe bei konstanter Betriebsspannung auf, so wird dieser Strom im ersten Augenblick gleich der konstanten Spannung dividiert durch den Kaltwiderstand der Glühlampe, dann aber allmählich bis zu dem normalen Betriebsstrom abnehmen. Dabei werden alle Temperaturen bis zur Betriebstemperatur (bei Wolframlampen 2100°) durchlaufen. Von der Energie, die der Faden in jedem Augenblicke aufnimmt, geht ein Teil als Strahlung verloren, ein zweiter Teil wird benutzt, um dem Faden gemäß seiner Wärmekapazität Erwärmungsenergie zuzuführen. Die Temperatur des Fadens ist definiert durch seinen Widerstand; die Beziehungen zwischen beiden sind bei verschiedenen Substanzen, z. B. Tantal, Wolfram, Eisen, bis zu hohen Temperaturen genau untersucht. Hiernach kann man aus dem Einschaltoszillogramm einer Tantallampe die spezifische Wärme des Tantals berechnen, wenn man sowohl den Widerstand als auch die Ausstrahlung im stationären Zustande in Abhängigkeit von der Temperatur kennt. Der Verfasser erhielt nach dieser Methode die spezifische Wärme von Tantaldraht bei 1400° = 0,043. Bei Zimmertemperatur ist sie 0,036; sie steigt also langsam an. Die spezifische Wärme von Wolframdraht war bei 1300° = 0,044, von Eisendraht bei 430° = 0,18.

Zur Bestimmung der spezifischen Wärme des reinen Eisens diente eine dritte Methode, die auf folgender Überlegung beruht. Ein im Vakuum aufgehängter Drahtbügel von 0,6—0,7 mm Dicke glüht in seinem mittleren Stück gleichmäßig. Durch sehr dünne Abzweigungen kann die Spannung durch ein dünnes Thermoelement, die Temperatur an diesem Mittelstück gemessen werden. Hat der Bügel konstante Temperatur (etwa 1000°) und wird ihm plötzlich eine sehr kurze Zeit hindurch eine Energiemenge zugeführt, so tritt eine Temperaturerhöhung ein, die um so kleiner ausfällt, je größer die spezifische Wärme ist. Aus der Zeitdauer des Stromstoßes, dem Momentanstrom und der Momentanspannung läßt sich dann die spezifische Wärme berechnen. Für die Wärmestrahlung ist eine Korrektur anzubringen. Der Verfasser bestimmte so die spezifische Wärme von elektrolytischem Eisen zwischen 100° und 1000°. Sie war bei 110° = 0,12, erreichte bei etwa 712° ein Maximum (0,32) und war bei 968° wieder 0,15.

A. Magnus benutzte zur Messung spezifischer Wärmen bei hohen Temperaturen ein Kupferkalorimeter, das an zwei dünnen Drahtseilen in einem Dewargefäß hing[2]). Der Zwischenraum zwischen Glas und Metall war mit Woodscher Legierung ausgefüllt. Zur Temperaturmessung diente eine Thermosäule aus 50 Eisen-Konstantan-Elementen, deren Lötstellen zur einen Hälfte innerhalb des Kupferblocks, zur andern Hälfte in dem Filzmantel des Dewargefäßes lagen. Der ganze Apparat hing in einem nur wenig weiteren Zinktopf, der selbst sich wieder in einem Wasserbade befand. Da die äußeren Lötstellen die Temperatur des Wasserbades annahmen, maß die Thermosäule die Temperaturdifferenz zwischen Kupferblock und Wasserbad. Zur Erwärmung der Substanzen, deren spezifische Wärme gemessen werden

[2]) Phys. Zeitschr. **14**, 5 (1913)

sollte. dienten für die Temperatur von 100° der Dampf siedenden Wassers, für Temperaturen bis zu 750° je zwei kleine elektrische Öfen: die Heiztemperatur wurde teils durch Thermometer, teils durch Thermoelemente bestimmt. Hatte die Substanz die gewünschte Temperatur angenommen, so ließ man sie in das Kalorimeter hineinfallen. Es wurde die spezifische Wärme einer Anzahl binärer chemischer Verbindungen (Bergkristall, amorphe Kieselsäure. Magnesiumoxyd, Calciumoxyd, Zinkoxyd, Bleioxyd, Natriumchlorid und -bromid, Kaliumchlorid und -bromid) zwischen Zimmertemperatur und 750° gemessen. Die gewonnenen Resultate schließen sich an die Messungen anderer Beobachter gut an und lassen sich zum Teil auch durch die von Nernst und Lindemann aufgestellten Formeln richtig wiedergeben. *Schk.*

Ultrarote Strahlen. Bei Untersuchung der Absorption ultraroter Strahlung durch Gase hat man gefunden, daß diese Absorption im hohen Maße vom Druck beeinflußt wird. Sie ist bei niedrigen Drucken gering, bei höheren Drucken nimmt sie schnell zu bis zu einem Maximalwert. Der für diesen nötige Druck ist im allgemeinen um so niedriger, je größer die absorbierenden Moleküle sind. Die Wirkung der Druckerhöhung ist dieselbe, ob sie durch eine Erhöhung der Dichte oder durch Einführung eines andern nicht absorbierenden Gases bewirkt wird. Da der Druck eines Gases auch durch Temperaturänderung geändert wird, so untersuchte Eva v. Bahr, in welcher Weise die ultrarote Absorption der Gase von der Temperatur abhängt[1]). Die Versuche wurden für Kohlenoxyd, Stickstoffoxydul, Kohlensäure, Methan und Ätherdampf bei Zimmertemperatur und bei 170° mit dem Spektrobolometer ausgeführt. Es zeigte sich, daß die Einwirkung der Temperatur durchaus von der des Druckes abweicht. Wie aus den Kurven, namentlich aus der des Kohlenoxyds, hervorgeht, entspricht die höhere Temperatur immer einer breiteren Absorptionsbande. Dabei bleibt die Absorption im Schwerpunkt der Bande bei Erwärmung fast konstant. Die Absorptionsbande zeigt bei Erwärmung dieselbe Erscheinung wie die Absorptionsbanden der Farbstoffe und vieler anorganischer Kristalle im sichtbaren Spektrum. Da eine Ausbreitung und Verflachung der Absorptionsbande einer zunehmenden Dämpfung der absorbierenden Teilchen entspricht, so muß man auch hier den Einfluß der Temperatur als eine Dämpfung auffassen, die aber nicht nur durch Molekularstöße, sondern durch intramolekulare Vorgänge bedingt ist. Die Absorption muß auch kontinuierlich sein, d. h. die Absorptionsbande kann nicht aus feinen, dicht nebeneinander liegenden Linien bestehen. Die Absorptionsbanden der andern Gase verbreiterten sich mit der Erwärmung ebenso wie bei Kohlenoxyd, zeigten aber auch eine Zunahme der Absorption in der Mitte, und zwar in höherem Grade, als es der Zunahme des Druckes entsprochen hätte. Eine Temperatursteigerung würde auch hier eine größere Dämpfung der absorbierenden Teilchen bewirken, während eine Druckerhöhung ihre Anzahl vermehren dürfte.

Über den Einfluß der Temperatur auf die Absorption langwelliger Wärmestrahlen in einigen festen Isolatoren berichten H. Rubens und G. Hertz[2]). Sie begannen mit der Untersuchung des Reflexionsvermögens, welches Quarz und Kalkspat im Gebiet ihrer kurzwelligen ultraroten Reststrahlengebiete bei verschiedenen Temperaturen besitzen. Ein Hohlspiegel aus dem betr. Material reflektierte die Strahlen einer Nernstlampe nach ihrer spektralen Zerlegung durch ein Steinsalzprisma nach einem Mikroradiometer; der Hohlspiegel befand sich auf dem Boden eines Glaszylinders, der in ein mit flüssiger Luft oder Wasserstoff gefülltes Gefäß gebracht werden konnte. Die Änderung des Reflexionsvermögens zwischen + 20° und — 252° war sehr gering: bei Kalkspat schien es mit abnehmender Temperatur etwas zu wachsen, bei Quarz zeigte sich eine schwache Wanderung des reflektierten Spektralstreifens nach kürzeren Wellen und eine kleine Verschiebung bei der Maxima. Für die Absorptionsmessungen dienten einerseits die Reststrahlen von Flußspat (23 μ) und Steinsalz (52 μ), andrerseits die mittels Quarzlinsen isolierte langwellige Strahlung des Auerbrenners (110 μ) oder die durch eine Platte von amorphem Quarz filtrierte Strahlung der Quarzquecksilberlampe (300 μ). Die Platte des zu untersuchenden Materials befand sich in einem Absorptionsgefäß, das evakuiert und durch flüssige Luft bzw. Heizspiralen auf Temperaturen von — 186 bis + 300° gebracht werden konnte. Die Kurven, welche

[1]) Ann. d. Physik 38, 206 (1912).

[2]) Sitzungsber. d. K. Preuß. Akademie d. Wiss. 1912, S. 256.

für Steinsalz und Sylvin die Abhängigkeit des Absorptionsvermögens von der Temperatur darstellen, zeigen in allen Fällen denselben Charakter; mit sinkender Temperatur streben sie dem Werte Null zu, d. h. beide Stoffe werden an den betrachteten Stellen des Spektrums bei -273° vollkommen durchlässig. Dieses einfache Verhalten zeigen Flußspat und Quarz nur auf der langwelligen Seite ihres Absorptionsgebiets, während sie für kürzere Wellen bei der Temperatur des absoluten Nullpunkts noch eine beträchtliche Absorption vermuten lassen. Die Verff. sind geneigt, zwei verschiedene Typen von ultraroten Absorptionsstreifen in festen Körpern anzunehmen. Die temperaturempfindlichen Streifen der ersten Art werden von Schwingungen der Ionen veranlaßt, die auch von Ionen benachbarter Moleküle beeinflußt werden, während die von der Temperatur weniger beeinflußte Streifenart nur auf Schwingungen innerhalb des eigenen Moleküls beruht.

Absorptionserscheinungen, die R. W. Wood mit langen Wärmewellen beobachtete, werden von ihm auf Resonanzwirkungen zurückgeführt[3]). Die von einem Auerstrumpf ausgehenden Wellen von 112 μ wurden nach der vom Verfasser und H. Rubens erfundenen Methode der „Brennpunktsisolierung" (d. Zeitschr. *XXIV*, *168*) gewonnen. Wurde auf einer Quarzplatte ein dicker Niederschlag von metallischem Kupferpulver erzeugt, so war dieser gegen Licht nahezu undurchsichtig, für die langen Wärmestrahlen aber vollkommen durchlässig. Aber auch ein völlig undurchsichtiger Rauchbelag auf einer Quarzplatte ließ 95% der Wärmestrahlung hindurch. Der Verfasser suchte die Beziehung festzustellen, die zwischen der Durchlässigkeit einer Schicht metallischer Teilchen und der Größe der Teilchen besteht. Dazu wurde auf einer Quarzplatte ein Tau von Quecksilbertropfen niedergeschlagen, deren Größe von der Zeit abhing, in der die Platte den Hg-Dämpfen ausgesetzt war; es wurden so Tröpfchen von $^1/_{20}$ bis $^2/_3$ einer Wellenlänge erhalten. Die Durchlässigkeit für die Wellen von $\lambda = 112\ \mu$ wurde mit einem Radiomikrometer gemessen. Es zeigte sich, daß die Tröpfchen auf die Wellen keinen Einfluß haben, solange ihr Durchmesser etwa $^1/_{10}\ \lambda$ nicht überschreitet. Ist der Durchmesser etwa $^1/_4\ \lambda$, so ist die Durchlässigkeit für die Wellen von 112 μ nicht viel größer als für die kurzen, bei noch größerem Durchmesser ist sie für beide Wellenlängen ganz gleich. In keinem Falle war die Undurchlässigkeit der Resonatorplatte für die langen Wellen größer als für die kurzen. Eine auf Quarz niedergeschlagene Silberschicht, die mit der Teilmaschine in völlig voneinander getrennte Rechtecke zerschnitten war, war für Wellen von 112 μ ganz so undurchlässig wie zuvor; Versuche mit breiteren Schnitten sollen noch vorgenommen werden.

Schk.

[3]) Phys. Zeitschr. **14**, 189 (1913).

Der lichtelektrische Effekt. Pohl und Pringsheim haben ihre Untersuchungen über den Photoeffekt (d. Zeitschr. *XXV*, *377*) nach verschiedenen Richtungen hin fortgesetzt[1]). Was zunächst den normalen Effekt anlangt, so fanden sie, daß dieser ebenso wie bei *Al* und *Mg* auch bei Calcium auftritt. Das Metall wurde aus elektrisch gewonnenem metallischen *Ca* im Vakuum destilliert und auf der zur Bestrahlung bestimmten Fläche niedergeschlagen. Die lichtelektrische Wirkung fand zwischen 230 und 700 $\mu\mu$ statt und erreichte zwischen 300 und 400 $\mu\mu$ ein Maximum, das um so schärfer hervortrat, je kleiner der Einfallswinkel des Lichtes war. Eine Untersuchung der flüssigen *K-Hg*-Legierung zeigte, daß der hier auftretende Photoeffekt wesentlich auf Rechnung des *K* zu schieben ist, da er bei Legierungen zwischen $2 \cdot 10^{-4}$ und 2,3 Atomprozent *K* von derselben Größenordnung ist wie der normale Effekt des *K*. Die Elektronenemission begann bei 2,3 Atomprozent im Blauen und verschob sich mit abnehmender Konzentration allmählich zu kleineren Wellenlängen.

Eine Eigentümlichkeit der photoelektrischen Wirkung bei *Mg*, *Al* und *Ca* bestand darin, daß die langwellige Grenze der Elektronenemission sich bei längerem Stehen im Vakuum verschob, so daß einige der Metallflächen bis ins Ultrarot erregbar wurden. Auch flüssige *Ca*-Amalgame zeigten diese Eigenschaft. War eine solche Legierung frisch eingefüllt, so ging ihre Erregbarkeit bis $\lambda = 350\ \mu\mu$; innerhalb weniger Minuten stieg sie dann gegen das sichtbare Gebiet hin deutlich an und reichte nach etwa einer Stunde bis ins Ultrarot hinein. Ähnlich scheinen sich *Li*-Amalgame zu verhalten; dagegen zeigten *K* ebenso wie *K*-Amalgame diese zeitliche Veränderung der Empfindlichkeit

[1]) Verh. d. Deutschen Phys. Ges. **15**, **111**, 173, 431, 637, 705 (1913).

nicht. Welche Einflüsse für diese Verschiebung der Empfindlichkeitsgrenze maßgebend sind, hat sich noch nicht feststellen lassen. Andrerseits schließen die Verff. aus den bis jetzt bekannten Versuchsergebnissen, daß die langwellige Grenze des normalen Photoeffekts ein Maß für die Bindung der Elektronen an das vom Licht bestrahlte Molekül ergibt, wenn auch die Schwankungen jener Grenze verhindern, sie als quantitatives Maß für die Abtrennungsarbeit eines Elektrons zu verwerten.

Was den selektiven Photoeffekt anlangt, so beobachteten Pohl und Pringsheim bei Kalium einen erheblichen Einfluß des Sauerstoffs. Wird O_2 unter einigen Zehntel mm-Druck auf Kaliumzellen geleitet, so überzieht sich das K mit einer dunklen Haut; nach Wiederherstellung des Vakuums zeigte das K eine außerordentlich große lichtelektrische Elektronenemission, so daß man im violetten Teile des Spektrums eine Ausbeute bis zu $240 . 10^{-4}$ Coulomb pro auffallende Lichtkalorie beobachten konnte. Das Maximum dieser selektiven Erregbarkeit war gegen das des reinen K um etwa 7 % nach den kürzeren Wellenlängen verschoben. Weitere Zufuhr von O_2 steigerte sowohl die Empfindlichkeit als die Verschiebung, die dadurch von 436 bis zu 405 $\mu\mu$ gelangte. Gleichzeitig bildete sich im Ultravioletten unterhalb $\lambda = 280$ $\mu\mu$ ein starker Anstieg der Elektronenemission in Richtung höherer Frequenzen heraus, der wahrscheinlich als normaler Photoeffekt eines Kaliumoxyds anzusprechen ist. Die so hochempfindliche K-O-Oberfläche war jedoch nicht sehr beständig. Nach der Ansicht der Verff. sind die photoelektrisch empfindlichen Bestandteile der Zelle nicht das Kaliumoxyd selbst, sondern im Oxyd suspendierte Teilchen einer kolloidalen Modifikation des Kaliums, deren große lichtelektrische Empfindlichkeit bereits von Elster und Geitel festgestellt wurde.

Bei quantitativen photoelektrischen Messungen wurden bisher gewöhnlich die von der Einheit der auffallenden Lichtenergie erzeugten Elektronen bestimmt; im Gegensatz dazu suchten die Verff. jetzt die Zahl der von der Einheit absorbierter Lichtenergie ausgelösten Elektronen als Funktion der Wellenlänge darzustellen. Zu dem Zwecke wurden die zu bestrahlenden Alkalimetallflächen als „schwarze“ Körper ausgestaltet, indem sie in das Innere von Hohlkugeln von 5—21 cm Durchmesser gebracht wurden; damit alles Licht zur Absorption kam, wurde die ganze Wand der Kugel mit einem Metallüberzug versehen. Es zeigte sich sowohl bei Na als bei K, daß die Resonanzmaxima des selektiven Photoeffekts jetzt viel schärfer hervortraten und mit Gebieten hoher optischer Reflexion zusammenfielen. Die Gesamtladung der bei der Absorption von 1 Cal. Lichtenergie austretenden Elektronen betrug in der Mitte des Resonanzgebietes bei K etwa $50 . 10^{-4}$ bei Na etwa $120 . 10^{-4}$ Coul. Auch diese auf gleiche absorbierte Lichtenergie bezogenen Zahlen erhöhten sich in den gefärbten kolloidalen Modifikationen der Metalle erheblich, bei K wie Na auf etwa $350 . 10^{-4}$ Coul./Cal.. und ergaben Resonanzkurven von einer Schärfe, wie sie bisher im unpolarisierten Licht nicht beobachtet wurden. Der Einfluß der Kolloidierung dürfte auf dem äußerst kleinen Durchmesser der Metallteilchen beruhen.

Da die lichtelektrische Wirkung auf dem stoßweisen Austreten von Elektronen beruht, so müssen Schwankungen des Effekts beobachtet werden, sobald es gelingt, nur einzelne Elektronen zum Austritt zu bringen. Pringsheim benutzte dazu die Methode empfindlicher Spitzen, die Geiger zur Zählung der α- und β-Teilchen geführt hat. Wird an einer feinen metallischen, negativ geladenen Spitze lichtelektrisch ein Elektron ausgelöst, das in ein hohes Potentialgefälle in der Nähe der Spitze gelangt, so wird momentan durch Stoßionisation eine Spitzenentladung eingeleitet. Die mit dem Elektrometer verbundene Spitze (ein feiner Pt-Draht oder eine Nähnadel) ragte in einen auf + 1500 Volt geladenen Messinghohlzylinder hinein und wurde von einer Hg-Lampe durch ein Quarzfenster hindurch belichtet. Das Elektrometer zeigte dann ruckweise Ausschläge, die beim Annähern der Lichtquelle immer rascher aufeinanderfolgten und den Austritt jedes einzelnen Elektrons begleiteten. In reinem Stickstoff traten die Momententladungen auch an positiven Spitzen bei Belichtung der Gegenelektrode auf, indem die Elektronen jetzt durch das Feld nach der Spitze hingetrieben wurden. In diesem Falle konnten die Schwankungen des Photoeffekts an jedem beliebigen festen und flüssigen Material beobachtet werden.

Die lichtelektrische Wirkung einiger Salze und anderer Verbindungen untersuchte A. Ll. Hughes[1]). Die Prüfung

[1]) Phil. Mag. 24, 380 (1912).

erstreckte sich auf $ZnCl_2$, P_2O_5, PbJ_2, HgJ, HgJ_2, $HgCl$, $HgCl_2$, $FeCl_3$, SbJ_3, $BiCl_3$, die Oxyde von Ba und Cu, und Anthrazen. Um eine reine Oberfläche zu erhalten, wurden die Salze in einem Vakuum von flüssiger Luft destilliert. Zu den Versuchen diente ein Apparat, mit dem der Verf. bereits früher die Geschwindigkeiten der von Metalloberflächen ausgesandten Photoelektronen bestimmt hatte; die Belichtung erfolgte mit dem ultravioletten Licht einer Quarzquecksilberlampe. Unter den genannten Stoffen zeigten trockenes $ZnCl_2$ und P_2O_5, auch $FeCl_3$ keinen, PbJ_2 nur einen geringen, die anderen Halogensalze einen sehr deutlichen lichtelektrischen Effekt, der anfangs gering war, dann aber stark zunahm. Die Erklärung hierfür liegt darin, daß die Salze selbst überhaupt keinen Effekt geben, sondern daß das Licht bei allen zuerst die Oberfläche zersetzt und dann in der gewöhnlichen Weise auf das Metall wirkt. Je stabiler das Salz ist um so geringer ist der Effekt. Bei Anthrazen wird der Effekt nur von Wellenlängen kürzer als 2002 Å.-E. hervorgerufen; die maximale Elektronengeschwindigkeit ist 0,87 Volt bei $\lambda = 1849$ Å.-E.

Nach Beobachtungen von W. Obolensky ist Wasser lichtelektrisch empfindlich[3]). Das destillierte Wasser befand sich in einem Glasgefäß, das von einem Messingzylinder umgeben war. Dieser war sowohl mit dem Wasser als mit einem Elektrometer leitend verbunden; er war ferner von einem weiteren, oben durch ein Drahtnetz geschlossenen Messingzylinder umgeben, der auf eine Spannung aufgeladen werden konnte. Die Belichtung erfolgte durch einen Funken zwischen Aluminiumelektroden, dessen Strahlen durch Flußspat und Quarzplatten und das Drahtnetz hindurch auf die Oberfläche des Wassers fielen. Durch Zwischenschieben absorbierender Medien konnten verschiedene Spektralbezirke abgegrenzt werden. Das wirksamste Spektralgebiet war das äußerste Schumannviolett bei 130 $\mu\mu$; die lichtelektrische Wirkung betrug hier etwa $^1/_{400}$ des bei Kupferoxyd erhaltenen Wertes. Bei $\lambda > 202{,}5$ $\mu\mu$ verschwand die Wirkung völlig. Geringe Verunreinigungen des Wassers hatten keinen wesentlichen Einfluß. Im Wasser gelöste Chloride setzten die lichtelektrische Wirkung herab, Sulfate, Karbonate und Nitrate erhöhten sie. Eis zeigte eine sehr große lichtelektrische Empfindlichkeit, die 200—300 mal so groß als bei Wasser war. Das dürfte bei den aus Eisnadeln bestehenden Cirruswolken auch eine meteorologische Bedeutung haben.

Durch negative Glimmentladung an Natrium- und Kaliumlegierungen in einer Wasserstoffatmosphäre wird die lichtelektrische Empfindlichkeit dieser Oberflächen erheblich gesteigert; Elster und Geitel benutzten das zur Herstellung einer besonders empfindlichen Photozelle (d. Zeitschrift XXV, 381). H. Greinacher untersuchte, ob die lichtelektrische Wirkung auch bei anderen Metallen auf dieselbe Weise gesteigert werden kann[4]). Die geerdete Metallplatte befand sich einem Platinring gegenüber, an den der positive Pol eines Induktoriums angelegt wurde. Bei Platin ließ sich durch Glimmentladung in H_2 der Photoeffekt um etwa das 100 fache steigern. Bei Blei erhöhte eine einzige Entladung in H_2 den Effekt auf das 300—400 fache; andrerseits wurde das Metall nach Behandlung in Luft fast inaktiv. Auch bei Zn, Al, Cu, Au erfolgte durch Glimmentladung in H_2 eine Vergrößerung, in Luft eine Verkleinerung des Photoeffektes. Durch sukzessive Behandlung in Luft (O_2 und H_2 ließ sich der photoelektrische Strom nach Belieben bis um mehr als das 1000 fache variieren.

Den oben erwähnten Gedanken, die photoelektrische Zelle als „schwarzen Körper“ auszugestalten, hat A. Ll. Hughes zur Herstellung einer sehr empfindlichen Zelle benutzt[5]). Während Pohl und Pringsheim die lichtempfindliche Schicht in das Innere einer innen versilberten Hohlkugel brachten, überzog Hughes die Kugelwand selbst mit einem Überzug von festem Natrium, das aus einem Ansatzrohr in den evakuierten Kugelraum hinüberdestillierte und sich an der Innenwand in Form von kleinen, bald erstarrenden Tropfen niederschlug. Dieser Natriumüberzug wurde durch ein Quarzfenster belichtet und bildete die eine Elektrode; die andere war ein in die Röhre hineinragender, gut isolierter, mit dem Elektrometer verbundener Messingstab. Der durch die Belichtung erhaltene photoelektrische Strom war sehr bedeutend. Für die Wellenlänge $\lambda = 4360$ Å.-E. erhielt der Verf. $580 \cdot 10^{-11}$ Amp., während die eine glatte Natriumfläche enthaltende photoelektrische

[3]) Ann. der Physik **39**, 961 (1913).

[4]) Verh. d. Deutschen Phys. Ges. **15**, 797 (1913).

[5]) Phil. Mag. **25**, 679 (1913).

Zelle nur 15 bis $20 . 10^{-11}$ Amp. ergab. Die Empfindlichkeit beruht einerseits auf der Mitwirkung der diffusreflektierten Strahlung, andrerseits aber auch auf der durch die Tröpfchen erheblich vergrößerten Oberfläche. Die Zelle kann zur Prüfung von Lichtintensitäten dienen, die sonst nicht mehr beobachtet werden können. Für Wellenlängen > 3300 kann das Quarzfenster auch durch Glas ersetzt werden. In der sichtbaren Region des Spektrums waren *K*, *Rb* und *Cs* noch empfindlicher als *Na*.

Wie Chr. Ries findet, besitzen die lichtempfindlichen Körper den Spannungseffekt, d. h., ihre elektrische Leitfähigkeit ist bei hoher Spannung größer als bei niedriger[6]). Am Selen, Antimonit, Schwefel, Paraffin war der Spannungseffekt schon früher nachgewiesen; diese Substanzen sind auch lichtempfindlich, Paraffin allerdings nur in geringem Grade. Der Verf. untersuchte andere lichtempfindliche Körper, Schwefelsilber, Chlorsilber, Tellur, und konnte auch bei diesen den Spannungseffekt beobachten. Die Lichtempfindlichkeit nahm mit Vergrößerung der Spannung ab, und zwar war diese Abnahme bei den Körpern am größten, die den Spannungseffekt am deutlichsten zeigten. Intensitätsänderungen des Lichts und der Spannung hatten dieselben Wirkungen; Lichtempfindlichkeit und Spannungseffekt zeigten auch dieselben Trägheitserscheinungen. Danach besteht ein inniger Zusammenhang zwischen Spannungseffekt und Lichtempfindlichkeit, was auf eine gemeinsame elektronische Ursache hindeutet. Bei größerer Stromstärke wird eine Anzahl der sonst durch das Licht ausgelösten Elektronen durch den Strom ausgelöst, die Lichtwirkung ist dann also schwächer.

Die spezifische Ladung lichtelektrisch ausgelöster Elektronen, die bisher nur bis auf die Größenordnung bekannt war, suchte E. Alberti mit einer neuen Methode genau zu bestimmen[7]). Die ultravioletten Strahlen einer Quarzquecksilberlampe fielen auf die Kupferkathode eines Entladungsrohres; die ausgelösten Elektronen gingen durch einen Spalt und durch ein System von Messingfäden und trafen zuletzt auf einen Phosphoreszenzschirm, auf dem der Schatten der Messingfäden erschien. Durch Magnetspulen wurden die Elektronen abgelenkt; die Größe der Ablenkung wurde mit dem Mikroskop auf dem mit Millimeterteilung versehenen Phosphoreszenzschirm abgelesen. Dadurch wurde der Krümmungsradius der Elektronen bei einem bestimmten Magnetfelde berechnet. Für die Spannungsmessungen wurde ein neues Elektrometer konstruiert, das große Genauigkeit und schnelles Arbeiten gestattete. Als Mittel aus 129 Beobachtungen wurde der auf die Geschwindigkeit *O* reduzierte Wert $e/m_0 = 1{,}756 . 10^7$ gefunden, eine Zahl, die mit den für β- und gewöhnlichen Kathodenstrahlen gefundenen Werten gut übereinstimmt.

Auch O. W. Richardson und K. T. Compton benutzten bei ihren Versuchen über die Bedingungen der photoelektrischen Wirkung eine innen versilberte Glaskugel, in deren Mitte das Elektronen emittierende Metallblättchen sich befand[8]). Untersucht wurden Platin, Aluminium, Kupfer, Wismut, Zinn, Zink, Magnesium. Zur Belichtung dienten Wellenlängen von 25, 23, $21 . 10^{-6}$ cm; gemessen wurden die bei verschiedenen angelegten Spannungen erhaltenen Photoströme. Die diese Beziehung darstellenden Kurven zeigen für alle Metalle den gleichen Charakter. Die in Volt ausgedrückte maximale Energie stellte sich dar als Funktion der Frequenz des erregenden Lichts. Für alle Metalle gab es eine maximale Wellenlänge (bei *Pt* für $\lambda = 27\ \mu\mu$), bei der Elektronen von der Geschwindigkeit *O* ausgesandt wurden. Die für diesen Fall erhaltene Grenzkurve ging für alle Metalle durch den gleichen Punkt, wenn die Potentialdifferenz zwischen dem Metall und dem die andere Elektrode darstellenden Silber mit berücksichtigt und die Kurve um diese Differenz verschoben wurde. Daraus war zu schließen, daß die Elektronen in Wirklichkeit stets eine Geschwindigkeit $> O$ besitzen, und daß in allen Fällen, wo man negative Geschwindigkeiten zu beobachten glaubt, die Kontaktpotentialdifferenz zwischen dem emittierenden und dem empfangenden Metall nicht berücksichtigt ist (vgl. d. Zeitschr. *XXV*, *379*.)

Die Proportionalität zwischen Photostrom und Lichtintensität prüften Elster und Geitel mit Hilfe ihres lichtelektrischen Photometers[9]). Eine Lichtquelle von konstanter Intensität wurde durch Drehung zweier hintereinander gestellter Nicols entsprechend abgeschwächt; die durch-

[6]) Ann. d. Physik **38**, 721 (1912).

[7]) Ann. d. Physik **39**, 1133 (1912).

[8]) Phil. Mag. **24**, 575 (1912).

[9]) Phys. Zeitschr. **14**, 741 (1913).

gelassene Lichtmenge ist dann dem Quadrat des Sinus des Azimuts proportional. Für sehr geringe Lichtintensitäten dienten schwach leuchtende Glühlämpchen. Störungen, die bei den Messungen vorkommen können, wurden berücksichtigt bzw. beseitigt. Aus den Messungsresultaten ging eine unbedingte Proportionalität von Photostrom und Beleuchtungsstärke hervor, wenn letztere zwischen $^1/_3$ das Sonnenlichts und etwa $6 \cdot 10^{-4}$ *M. K.* abgeändert wird. Die Anwendung der Alkalimetallzellen zur Photometrie von Sternhelligkeiten in lichtstarken Fernrohren liegt hiernach innerhalb des Bereichs des Möglichen.

Ob eine Unterteilung der Belichtungszeit einen Einfluß auf die Elektronenabgabe in Elster-Geitelschen Kaliumhydrürzellen bei sehr schwacher Lichtenergie besitzt, suchten E. Max und K. Lichtenecker festzustellen[10]. Ein möglichst schmales Spaltbild wurde durch einen rotierenden Spiegel über die mit beschleunigender Hochspannung versehene Kaliumhydrürfläche geführt. Dann wurde die Tourenzahl verändert und die in der Sekunde frei werdende Elektronenzahl gemessen; man erhielt so die Abhängigkeit der emittierten Elektronenmenge von der Belichtungszeit. Als Ergebnis der Messungen wurde gefunden, daß ein Einfluß der Unterteilung der Belichtungsenergie von $^1/_2$ Erg./sec cm² auf die Menge der von der Kaliumzelle abgegebenen Elektronen innerhalb des Bereiches zwischen dauernder Belichtung und einer Belichtungszeit von $1{,}46 \cdot 10^{-7}$ sec nicht existiert.

Zur Theorie des lichtelektrischen Effekts sind zwei Anschauungen ausgebildet worden. Nach Lenard beruht die Auslösung der Elektronen auf einer Resonanzwirkung durch die auffallende Strahlung, und die Energie der lichtelektrischen Wirkung ist bereits in dem Atom vorhanden. Nach Einstein dagegen entstammt die Elektronenenergie der wirkenden Strahlung, indem jedes in dieser vorhandene Elementarquantum seine Energie an ein Elektron abgibt; diese Energie T ist der Lichtfrequenz n proportional und durch die Formel $T = h \cdot n$ bestimmt, wo h das „Wirkungsquantum" darstellt. Die Ergebnisse der neueren Arbeiten sprechen für die Richtigkeit der Einsteinschen Auffassung. Diese wird auch von P. Debye und A. Sommerfeld vertreten[11]. Sie betrachten das Atom als ein in sich abgeschlossenes System, das aus den umgebenden Feldern mittels eines resonierenden Elektrons Energie aufspeichern kann, die nach einer gewissen Akkumulationszeit durch Austritt eines Elektrons wieder abgegeben wird. Wann diese Energie nach außen abgegeben wird, bestimmt die Konstante h. Die Energieabgabe erfolgt diskontinuierlich und quantenhaft. Bei vollkommener Resonanz zwischen der Eigenschwingung des Elektrons und der Schwingungszahl des auffallenden Lichts ist die kinetische Energie des Elektrons unabhängig von der Intensität des Lichts und der Akkumulationsdauer und allein bestimmt durch die Schwingungszahl. Bei nicht vollkommener Resonanz wirken im wesentlichen nur Wellen größerer Frequenz als die Eigenfrequenz des Elektrons lichtelektrisch ein. Das sind einige der leitenden Gesichtspunkte der Theorie der Verff., auf deren Einzelheiten hier nicht eingegangen werden kann. Dagegen seien die Ausführungen von A. Ll. Hughes wiedergegeben, der ebenfalls von der Lichtquantenhypothese ausgeht[12]. Er setzt die Maximalenergie, mit der ein Elektron austritt, $V \cdot e = h \cdot n - V_0 \cdot e$. Hier bedeuten V das Potential, das die schnellsten Elektronen festhält, e die Ladung, $V_0 \cdot e$ den von dem Elektron auf seinem Wege erlittenen Energieverlust; h und n sind wieder Energiequantum und Schwingungszahl. Nun fanden Richardson und Compton bei ihren Versuchen die Konstante h um 10—25% zu klein; Hughes fand, daß diese Abweichung regelmäßig war und von der Stellung des Metalls im periodischen System abhing. J. Robinson untersuchte den Photoeffekt auf beiden Seiten eines dünnen Platinfilms, auf den das Licht senkrecht auffiel[13]. Der Effekt J auf der Austrittsseite des Lichts war im allgemeinen größer als der Effekt E auf der Eintrittsseite. Das Verhältnis E/J hing von der Dicke der Schicht ab und war bei einer bestimmten Dicke konstant. Aus den Werten Robinsons berechnete Hughes, daß die Elektronenenergie auf der Austrittsseite des Lichts um etwa 12% größer ist als auf der Eintrittsseite. Nun fanden Richardson und Compton $h = 5{,}85 \cdot 10^{-27}$; um 12% erhöht, ergibt das $6{,}55 \cdot 10^{-27}$ erg/sec, eine Zahl, die mit dem sonst gefundenen Wert der Planckschen Konstante h gut übereinstimmt. Daraus würde hervorgehen, daß die Quantentheorie

[10] Ann. d. Physik **41**, 124 (1913).
[11] Ann. d. Physik **41**, 873 (1913).
[12] Phil. Mag. **25**, 683 (1913).
[13] Phil. Mag. **25**, 115 (1913).

auf die Photoelektrizität jedenfalls anwendbar ist, wenn die Elektronen in der Lichtrichtung austreten. Kennt man die kritische Wellenlänge, bei der $V = 0$ wird, d. h. keine Elektronen ausgesandt werden, so wird $h\,n = V_0 . e$, und man kann $V_0 . e$, d. h. die Energie, berechnen, die nötig ist, um ein Elektron vom Molekül loszureißen; V_0 ist das dazu nötige ionisierende Potential. Nimmt man an, daß die Ionisation der Gase durch ultraviolettes Licht im Wesen dasselbe ist wie der Photoeffekt an festen Körpern, so kann man das ionisierende Potential eines Gases aus der längsten Wellenlänge berechnen, welche Ionisation erzeugt. Hughes hatte diese Wellenlänge für Luft bzw. Sauerstoff zu $\lambda = 1350$ Å.-E. bestimmt. Setzt man $h = 6{,}55 . 10^{-27}$ erg/sec, die Ladung $e = 4{,}75 . 10^{-10}$ E.-S.-E., $\lambda = 1350$, so wird $V_0 = h . n / e = 9{,}2$ Volt. Franck und Hertz bestimmten mit der Lenardschen Methode (bei der ein Glühdraht als Elektronenquelle dient) die Ionisierungsspannung von Sauerstoff = 9,0 Volt, eine Zahl, die mit dem obigen Werte gut übereinstimmt. Von Interesse sind auch die Werte, welche Franck und Hertz für die Ionisierungsspannung in andern Gasen erzielten; für *He* 20,5 V., *Ne* 16 V. *Ar* 12 V, H_2 11 V, N_2 7,5 V [14]).

Schk.

3. Geschichte und Erkenntnislehre.

Georg von Reichenbach [1]). Um die reiche Sammlung von Urkunden, welche als wichtiges Material zur Geschichte der Naturwissenschaft und der Technik im Archiv des Deutschen Museums niedergelegt sind, für weitere Kreise nutzbringend zu verwerten, hat sich der Vorstandsrat des Deutschen Museums im Herbst 1910 entschlossen, anknüpfend an die im Ehrensaal errichteten Denkmäler in Biographien das Lebenswerk jener Männer darzustellen, welche den Entwicklungsgang der Technik und der Naturwissenschaft bahnbrechend beeinflußt haben. Die erste derartige Veröffentlichung ist das vorliegende Werk. Der Verfasser gibt uns in lebensvollen Schilderungen ein Bild von den Arbeiten und Werken eines Mannes, der vor hundert Jahren den Ruhm des deutschen Instrumentenbaus begründete und der Astronomie und Geodäsie die vollkommensten Instrumente lieferte, dessen Name aber heute leider in weiten Kreisen unbekannt sein dürfte.

Zu Durlach als Sohn des Schlossermeisters Joh. Christ. Reichenbach 1771 geboren, kam Georg Reichenbach bald nach Heidelberg und Mannheim, wo sein Vater als Artillerieleutnant und Stückbohrmeister in der kurpfälzischen Stückbohrerei Anstellung gefunden hatte. Georg R. wurde in die Militärakademie in Mannheim aufgenommen, ohne daß er dadurch die technische Unterweisung des Vaters in der Werkstatt entbehren mußte. Hier erwarb er sich die Kenntnis des Materials, die sich verband mit einer schöpferischen Erfindungsgabe. Schon als 18jähriger Jüngling verfertigte er in seinen Mußestunden nach englischem Muster einen Spiegelsextanten, zu dessen Vollendung er sich selbst eine Kreisteilungsmaschine machen mußte. Das Instrument wich um höchstens 1 Minute von dem englischen ab. Der Astronom Barry und der Geodät Henry regten sein Interesse für Astronomie weiter an. Auch Sir Benj. Thompson, der nachmalige Graf Rumford, wurde auf die Arbeiten des Zöglings der Militärakademie aufmerksam, und auf seine Verwendung hin wurde Reichenbach auf zwei Jahre nach England zum Studium des dortigen Maschinenwesens geschickt. Tatsächlich war dann R., von etwa sechswöchiger Unterbrechung abgesehen, vom Juni 1791 bis zum Mai 1793 in England. Hierbei lernte er die Wattsche Dampfmaschine in der Fabrik Boulton and Watt genau kennen, war in großen Eisenhütten tätig und widmete sich auch dem englischen Instrumentenbau.

Die Kriegsereignisse verhinderten die Ausführung der Dampfmaschinen, die ihm nach seiner Rückkehr der Kurfürst in Mannheim in Auftrag gegeben hatte; R. kam vielmehr 1793 als „Untermechanikus" zum Kontingent der pfälzischen und bayrischen Truppen, und zwar zur Stückbohrerei in Mannheim. Der Krieg und die Belagerung Mannheims gaben ihm viel Gelegenheit zu kriegstechnischen Arbeiten. 1796 wurde er nach München beordert und als Fachmann dem Zeughaus und der Bohrwerkstatt, welche unter Rumfords Leitung stand, beigegeben.

[1]) Walther v. Dyck: Georg v. Reichenbach. Deutsches Museum. Lebensbeschreibungen und Urkunden. München 1912. Selbstverlag des Deutschen Museums.

[14]) Verh. d. Deutschen Phys. Ges. **15**, 34 (1913).

Bei dieser Beschäftigung entstehen in R. die Pläne zu Arbeitsmaschinen, Drehbänken u. a., ferner zur Konstruktion eines gezogenen Vorderladergeschützes.

Seit 1807 jedoch hatte R. immer mehr auf wissenschaftliche Aufgaben sein Augenmerk gerichtet, und 1811 suchte er um Entlassung aus dem Militärverband nach. Wissenschaftliche Präzisionsinstrumente wurden damals in München nicht angefertigt; man bezog sie aus England, einfachere aus Augsburg von Brander, später Höschel. Mit sicherem Zielbewußtsein wollte R. diesem Mangel in München abhelfen. Er verfertigte eigenhändig eine Teilmaschine, mit welcher er z. B. der bayrischen Forstkammer etliche Winkelinstrumente herstellte. Sein nächstes Ziel war die Konstruktion einer vollkommenen Kreisteilungsmaschine. Auf Grund seiner vielfachen Erfahrungen auf diesem Gebiet schlug er bei der Konstruktion einen Weg ein, der von den bisher üblichen abwich, und nach vielen hundert Entwürfen, Ideen und Versuchen gelang es ihm, das „äußerst einfache Prinzip seiner Teilmaschinen zu erfinden". Er war sich ganz klar bewußt, daß mit der Vergrößerung der Teilmaschine „die physischen Hindernisse gegen die Genauigkeit der Einteilungen wachsen", daß es überhaupt bei jeder Teilungsmethode ein Optimum für die Maschinengröße gibt. Es gelang ihm, auf kleinen Kreisen eine die besten Teilungen großer Kreise übertreffende Teilung herzustellen, und er verhalf so der Astronomie zu ausgezeichneten, leicht zu handhabenden Instrumenten, welche die Fehler der Dilatation und Flexibilität der bisherigen nur in geringem Grad zeigten, nicht so kostspielig und somit der Ausbreitung der Wissenschaft sehr dienlich waren.

Auf Grund dieser hervorragenden Erfindung (1802) entstand dann in München das mathematisch-mechanische Institut von Reichenbach, Utzschneider und Liebherr (1804); dieses wurde 1809 erweitert durch die optische Anstalt unter Fraunhofer.

Reichenbach trat aus dieser Verbindung bald aus und gründete ein neues mechanisches Institut (mit Ertel), während das optische Institut nach Fraunhofers Tod an Georg Merz überging. Durch die Genialität Reichenbachs und Fraunhofers sind beide Institute weltberühmt geworden, Deutschland hat durch sie die Vorherrschaft in der Feinmechanik und Optik erlangt.

Die ersten geodätischen Instrumente R., die von Prof. Schiegg zur bayrischen Landesvermessung verwendet wurden, gestatteten, mit dem Nonius direkt noch 4 Sekunden abzulesen. Auch einen Theodolitentypus hat R. geschaffen, der sich bei den in den nächsten 40 Jahren in Deutschland durchgeführten trigonometrischen Vermessungen glänzend bewährt hat; Gauß selbst sagte, daß er „zu den feinsten Winkelmessungen auf der Erde gebraucht wird".

Der Verfasser stellt in Text und Abbildungen die bisher gebrauchten Theodoliten den Reichenbachschen gegenüber und ermöglicht so die Beurteilung der Vorzüge der letzteren nach Größe, Anordnung, Standfestigkeit und Ablesung; er weist auch hin auf eine Beschreibung, die Gauß von einem Reichenbachschen Bordakreis und Theodoliten 1813 gegeben, und auf die Bewunderung, die Gauß dem kongenialen Mechaniker gezollt hat. — Wir finden dann in dem schönen Buch noch die Abbildung und Beschreibung anderer geodätischer Hilfsapparate und der von Reichenbach gelieferten berühmten astronomischen Instrumente, ferner ein Verzeichnis solcher, ihre Abnehmer und ihren Preis. Ein Faksimile eines Briefes von Laplace zeigt, daß dieser sein Reichenbachsches Instrument das vollendetste astronomische Instrument nannte. R. Meridiankreise und Äquatoriale finden gleiches Lob. Bessel z. B. spricht von einer unbegreiflichen Schönheit der Teilung (Fehler 0,3"). Sehr interessant zu lesen ist, mit welch wunderbarer Intuition R. minimalen Fehlern, die aus der Flexibilität des Metalls sich ergaben, zu begegnen mußte. Olbers schreibt in Anbetracht der „unbegreiflichen Genauigkeit der Teilung" 1821 an Bessel: „Sie, l. B., und unser Gauß machen eine förmliche Revolution und eine Epoche in der beobachtenden Astronomie. Was läßt sich in Ihren Händen mit einem solchen so geprüften Werkzeug ausrichten?"

Wenn so R. als Urheber des Aufschwungs der modernen beobachtenden Astronomie betrachtet werden kann. so sind doch neben diesen unsterblichen Verdiensten auch seine übrigen mechanisch-technischen Arbeiten von Bedeutung; wenn sie auch für sein engeres Vaterland bestimmt waren, so zeigten sie doch die Vielseitigkeit des technischen Genies Reichenbachs und trugen seinen Namen in alle Welt.

Als i. J. 1807 wegen Holzmangel in Reichenhall sich die Notwendigkeit ergab, die Sudwerke in waldreichere Gegenden zu verlegen, war die erste Forderung zur Ermög-

lichung dieser Betriebsänderung die Leistungsfähigkeit der Solenleitung Reichenhall-Traunstein zu erhöhen, und diese bis nach Rosenheim weiterzuführen. Es handelte sich also darum, entsprechende Druckpumpen zu erhalten. Reichenbach, der die Arbeit für das mechanische Institut übernahm, konstruierte nach neuen Prinzipien seine „Wassersäulenmaschine“, die schon 1810 in Betrieb gesetzt werden konnte und sich auch bewährte. Mit einem stärkeren Pumpentypus versorgte R. die Solenleitung Berchtesgaden-Reichenhall; die Station Ilsank erhielt (1817) eine Maschine, welche die Sole 355 m hochhebt, und, damals „die größte Maschine der Welt“, heute noch ihren Dienst versieht. Es war ein Riesenwerk, welches R. in kurzer Zeit mit vollem Gelingen, dank der Vielseitigkeit seines Genies, durchführte; denn es handelte sich nicht allein um Pumpen größten Kalibers, auch das Röhrenmaterial, das solch gewaltige Drucke aushielt, konnte erst nach R. Eingreifen gewonnen werden; die Pfannenschmieden und Werkstätten wurden mit neuen Arbeitsmaschinen seiner Erfindung ausgestattet und erhielten erst dadurch die nötige Leistungsfähigkeit. Am 20. Dezember 1817 war das glänzende Werk vollendet, und in Anwesenheit des Königs wurde die Eröffnung des Werkes festlich begangen, welches damals in Fachkreisen für unmöglich gehalten worden war.

Das reichhaltige Buch zeigt uns ferner die Pläne R. zur Herstellung einer eisernen Röhrenbrücke, und führt eine große Zahl seiner Erfindungen und Verbesserungen an der Dampfmaschine mit Beschreibungen, Plänen und Berechnungen vor. „Die erhaltenen Studien, Entwürfe und Notizen über die Dampfmaschine zeugen die Genialität Reichenbachs als Konstrukteur wohl in gleichem Maße wie seine Arbeiten auf astronomischem und hydraulischem Gebiet. Für diese war die Zeit reif, und er konnte selbst die Mittel für die technische Vollendung ausdenken und ausführen; für jene haben ihn seine Ideen, die er mit reichster Phantasie immer neu gestaltet hat, weiter geführt, als daß sich ihre Verwirklichung schon damals hätte ermöglichen lassen.“

Doch damit ist das Lebenswerk des genialen Mannes nicht erschöpft; er wurde 1820 durch König Max Joseph zum Vorstand des „Zentral-Straßen- und Wasserbau-Bureaus“ ernannt, und diese Stellung brachte ihn „mit allen Zweigen des staatlichen Bauwesens in maßgebende Verbindung“. Er richtete 1821 die Wasserversorgung der Stadt Augsburg ein, die damals allerdings nur zum kleineren Teil vollendet wurde; erst nach 25 Jahren kam der größere Teil zur Ausführung, lange nach dem Tode R., aber genau nach seinen Plänen und mit seinen Maschinen, die inzwischen unbenutzt dagelegen hatten. Auch eine Quellwasserleitung für München hat er projektiert, ein Marmorsäge-, Schleif- und Polierwerk bei Kreuth im Auftrag des Königs geschaffen, und das berühmte Hebewerk für den Obelisken am Karolinenplatz in München ersonnen. Ein Beleuchtungsprojekt für die kgl. Residenz mit zugehöriger Gasanstalt hat R. ausgearbeitet, ebenso ein Projekt zum Donau-Main-Kanal; auch die Förderung der Dampfschiffahrt hatte er ins Auge gefaßt und die Fortbewegung der Schiffe allein durch die Meereswellen mit Hilfe von rings um das Schiff angebrachten Hebelpumpwerken, durch welche das Wasser vorne angesaugt und nach rückwärts ausgestoßen werden sollte.

Ferner verzeichnet der Verfasser noch eine Reihe kleinerer Arbeiten R.: Beobachtungen über Herstellung von Flint- und Crownglas, Versuche über Festigkeit des Kupfers, Torsionsfestigkeit des Eisens, ringförmige Wagenfedern und einen Stromgeschwindigkeitsmesser.

Derselbe Mann, der so viel in der Technik und Wissenschaft geleistet, hatte auch regen Anteil an den vielen Bestrebungen, die damals durch entsprechende Unterrichtsanstalten die Technik auf eine höhere Stufe bringen sollten, um Deutschland in dieser Hinsicht unabhängiger vom Ausland zu machen. Eine akademische Kommission, Fraunhofer, Klenze und Reichenbach, sollte den Plan solchen Unterrichts bearbeiten, und die Beratungen führten zu dem Reichenbachschen „Entwurf zur Organisation einer polytechnischen Schule in München“. Wenn er wegen der Kosten (jährlich 20000 Gulden) damals nicht zur Ausführung kam, so haben diese Männer, zusammen mit Utzschneider, doch die kommende Entwicklung vorgezeichnet.

Dieses sollten die letzten großen Pläne Reichenbachs sein; denn von 1824 an machte Krankheit seiner Arbeit ein Ende, und am 31. Mai 1826 erlag der rastlose Geist einem Schlaganfall.

R. hat Großes geleistet, aber er hätte in Anbetracht seiner genialen Vielseitigkeit, regen Phantasie und energievollen Gründlichkeit noch Größeres leisten können, wenn

er in einem Land oder in einer Zeit gelebt hätte, die für sein Genie die entsprechenden Aufgaben gehabt hätte. Der Verfasser sagt von ihm: „R. Betätigung als Maschinentechniker fällt nicht in diese Zeit der Erfüllung, sondern in die Zeit der Vorbereitung. Er hat als einer der Pfadfinder der großen Entwicklung vorgearbeitet, welche die moderne Technik genommen; und wie seine kraftvolle, vorwärtsdrängende Persönlichkeit einen mächtigen Einfluß in seinem Schaffenskreise ausgeübt hat, so hat er auch allenthalben auf den mannigfaltigen Gebieten seines Wirkens bleibende Züge seiner schöpferischen Tätigkeit hinterlassen.“ Er schließt mit den Worten, die Utzschneider auf Georg von R. Grabmal gesetzt hat: „Sein Name genügt. Sein Denkmal sind seine Werke.“

Eine wertvolle Beigabe hat das Werk noch erhalten durch Zusätze biographischer und technisch-wissenschaftlicher Art und literarische Notizen, ferner durch die Übersicht über die im Deutschen Museum befindlichen Instrumente, Maschinen, Modelle und Urkunden von Reichenbach.

Das Buch gereicht dem Verfasser und dem Deutschen Museum zur hohen Ehre; der künstlerische Druck, die prachtvollen Tafeln und Abbildungen machen es zu einer Zierde der Bibliotheken; nach Form und Inhalt ist es ein würdiges Denkmal seines Helden. *J. Klug-Nürnberg.*

4. *Unterricht und Methode.*

Chemische und physikalische Schülerübungen auf allen Klassenstufen des Realgymnasiums. Von W. Brüsch in Lübeck[1]). Den bereits in Heft 5, S. 332 gemachten Angaben lassen wir hier einen ausführlicheren Auszug aus dem interessanten Vortrag folgen. Aus der schon erwähnten Statistik führen wir noch folgendes an: In der **Physik** waren wahlfreie Übungen angegeben von 79 Anstalten, und zwar war die Verteilung auf die einzelnen Klassen sehr mannigfach, wie die folgende Übersicht zeigt:

Klassen	1 St. w.	1 St. 14 tg.	2 St. 14 tg.	2 St. w.	Summe
OIII	1	—	—	—	1
UII	1	1	—	3	5
OII	2	—	1	6	9
UI	—	—	2	2	4
OI	1	—	—	5	6
UI, OI	3	1	2	6	12
OII, UI	—	—	—	4	4
UII, OII	—	—	—	1	1
OIII, UII	—	—	—	5	5
OIII, UII, I	—	—	—	1	1
OIII, OII, OI	—	—	—	1	1
OII bis OI	5	—	2	17	24
OIII bis UI	1	—	2	—	3
OIII bis OI	1	—	2	—	3

Gesamtzahl der Anstalten 79

Ferner waren verbindliche Übungen angegeben: a) in besonderen Stunden bei 24 Anstalten:

Klassen	1 St. w.	1 St. 14 tg.	2 St 14 tg.	2 St. w.	Summa
UII	—	1	1	1	3
OII	—	—	—	3	3
OII u. UI	1	—	—	—	1
OII u. OI	1	1	3	2	7
UI u. OI	4	1	1	1	8
OIII, UII, OII	—	—	—	2	2

Gesamtzahl 24

b) in den Unterrichtsgang eingefügt waren die verbindlichen Übungen in 21 Anstalten, und zwar:

In unbek. Kl.	OIII	UII	OII	OII bis UI
2	1	1	1	1

UI bis OI	OII bis OI	OIII, UII, OI	UII bis OI
3	6	2	1

OIII bis OI
3

Endlich teils wahlfrei, teils verbindlich in zwei Anstalten.

In der **Chemie** ergab eine entsprechende Zusammenstellung wahlfreie Übungen in 95 Anstalten:

Klassen	1 St. w.	1 St. 14 tg.	2 St. 14 tg.	2 St. w.	Summa
OII	2	—	—	—	2
UI	2	—	—	7	9
OI	1	1	—	3	5
UII, OII	—	—	—	2	2
OII, UI	1	2	1	2	6
UI, OI	4	8	1	40	53
OII bis OI	2	5	—	11	18

Gesamtzahl 95

[1]) Vortrag auf der Hauptversammlung des Vereins zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts in München 1912. Der Vortrag ist nebst den statistischen Tabellen vollständig abgedruckt in den Monatsheften f. d. naturwissenschaftl. Unterricht 1913, Heft 8/9.

Verbindliche Übungen dagegen a) in besonderen Stunden in 23 Anstalten:

Klassen	1 St. w.	1 St. 14 tg.	2 St. 14 tg.	2 St. w.	Summa
OI	3	—	—	2	5
UII, OII	—	1	—	—	1
UI, OI	6	4	—	3	13
OII bis OI	2	—	—	2	4
				Gesamtzahl	23

b) verbindliche Übungen in den Unterrichtsgang eingefügt an 26 Anstalten:

UII	OII	UI	OI	UI, OI	OII bis OI
3	2	1	1	8	9

UII bis OI	Kl. nicht gen.
1	1

Endlich teils wahlfrei, teils verbindlich an einer Anstalt.

Für die **Biologie** endlich ergaben sich aus entsprechenden Zusammenstellungen wahlfreie Übungen an 33 Anstalten, verbindliche Übungen, und zwar innerhalb der schulenmäßigen Biologiestunden, an 38 Anstalten.

Aus den Übersichten ist das starke Überwiegen der wahlfreien Übungen in Physik und Chemie ersichtlich. Der Verfasser hält dies für einen Mißstand, da die ohnehin schon starke Belastung der Realgymnasialschüler dadurch noch gesteigert wird und andererseits die Übungen nur dann ihren Zweck völlig zu erfüllen vermögen, wenn alle Schüler dazu verpflichtet sind. Aber auch verbindliche Übungen in besonderen Stunden neben dem Unterricht scheinen ihm nicht empfehlenswert, ganz abgesehen davon, daß ihre Unterbringung im Stundenplan Schwierigkeiten macht. Wie häufig tritt nicht der Fall ein, daß, wenn auch nur kleinere und trotzdem wichtige Übungen schon vor der nächsten festliegenden Übungsstunde höchst erwünscht, ja notwendig, weil gerade an der betreffenden Stelle überzeugend sind, und umgekehrt, daß der Unterricht längere Zeit — über die nächste Übungsstunde hinaus — der Übungen entraten kann. Von solchen Überlegungen geleitet, befürwortet der Verfasser die zwanglose Eingliederung der Übungen in den regelmäßigen Unterrichtsgang. An Unterrichtsstunden sind im Lehrplan des Johanneums zu Lübeck vorgesehen:

	OIII	UII	OII	UI	OI
Physik	1	2	3	3	3
Chemie		$^1/_4$	2	2	2

Der Verfasser bemerkt mit Recht, daß es nicht so sehr darauf ankommt, alles und jedes auf eigenen Arbeiten der Schüler aufzubauen, sondern daß die Methode in allen Klassen dem Schüler Gelegenheit gibt, die grundlegenden Begriffe und Erscheinungen aus eigenen Versuchen kennen zu lernen, und an diesen alle die Schwierigkeiten zu ermessen, die für eine genauere Feststellung physikalischer und chemischer Größen und für die Auffindung der Gesetze zu beseitigen waren. „Die Hauptsache ist aber, daß alle diese Einsicht gewonnen haben, und daß man nunmehr auch im Demonstrationsunterricht darauf weiterbauen kann. Daß die Versuche des Lehrers ganz zu beseitigen seien, daß sich auch die geistige Mitarbeit des Schülers ausschließlich im Laboratorium abspielen solle, daß also die physikalischen und chemischen Lehrzimmer gewissermaßen überflüssig werden sollten, das wird keiner, der sich eingehender mit der Anwendung der Methode beschäftigt hat, zugeben wollen. Den großen Fortschritt der deutschen Schule, der darin besteht, daß sie gründliche allgemeine Überblicke von festen Gesichtspunkten aus ihren Schülern bietet, wollen wir doch nicht aufgeben."

Was die Zahl der Unterrichtsstunden betrifft, so hält der Verfasser diese auf der Oberstufe für ausreichend, dagegen sei auf der Mittelstufe eine kleine Vermehrung notwendig, die noch immer nicht das Maß des von der Naturforscherkommission Geforderten erreicht. Es müssen in OIII 2 ganze Stunden und in UII 1 Chemiestunde liegen. Die letztere wird der noch mit 5 Stunden bedachten Mathematik entnommen, und es wird dadurch der Chemie der Oberstufe etwas mehr Ellbogenfreiheit für mineralogische und geologische Dinge verschafft. Für die Biologie ist durch das Entgegenkommen der Mathematik und der Sprachen je 1 Stunde von UII an eröffnet, so daß sich der ganze Plan wie folgt gestaltet:

	OIII	UII	OII	UI	OI
Physik	2	2	3	3	3
Chemie	—	1	2	2	2
Biologie	2	1	1	1	1

In allen drei Fächern sollen die Übungen innerhalb dieser Stunden vorgenommen werden. In betreff der Schwierigkeiten, die dem entgegengehalten werden können, ist vor allem hinsichtlich der Klassenfrequenz bemerkenswert, daß der Verfasser in einer Zahl bis zum Maximum von 30 noch kein Hindernis für die Durchführung des Plans in ungeteilten Klassen sieht, wennschon er eine geringere Zahl als erwünschter und eine Herabsetzung in den

oberen Klassen bis auf 20 für erstrebenswert erklärt. Die Kosten der Einrichtung sind seiner Ansicht nach nicht so hoch, daß sie gegenüber der Wichtigkeit der Sache ins Gewicht fallen dürften. Es seien eventuell für die Chemie 30 Arbeitsplätze und für die Physik deren 15 einzurichten. Die Kosten eines solchen Arbeitsplatzes veranschlagt er für die Chemie auf M 30, für die Physik auf M 25, so daß im ganzen M 1500 bzw. M 375 für die Einrichtung aufzuwenden wären, die gesamte Einrichtung des chemischen Arbeitsraumes wird auf M 2500—3000 geschätzt, die weiteren Kosten für Chemikalien und chemische Apparate auf M 300, so daß die Gesamtaufwendung für Chemie M 4500—5000 betrüge. In der Physik sind die Apparate kostspieliger, der Verfasser schätzt sie jedoch weit niedriger als Hahn, auf M 2000—3000 ein, so daß man auch bei der Physik auf insgesamt M 4000 bis 5000 komme. Dieser Betrag, der sich zudem auf etwa 5 Jahre verteile, könne einer Gemeinde wohl zugemutet werden, die sich überhaupt eine höhere Lehranstalt leiste. Auch gehe aus der Umfrage hervor, daß schon vielfach an Anstalten derartige Summen aufgewendet oder in Aussicht gestellt seien. Die laufenden jährlichen Ausgaben werden auf M 200—400 geschätzt. Besondere Anerkennung zollt der Verfasser den Apparaten von Grimsehl und Frey.

Die Schwierigkeit der Leitung einer so großen Schülerzahl bis zu 30 in den Übungen läßt sich nach den Erfahrungen des Verfassers ebenfalls überwinden, wenn man sich vor einer Reihe „pedantischer“ Anordnungen hinsichtlich der Ordnung auf den Plätzen und des Arbeitens der Schüler nicht scheut (worüber die Programmabhandlung des Verfassers von 1913 Genaueres enthält). *P.*

5. Technik und mechanische Praxis.

Elektrische Momentphotographie. Von Prof. Dr. Br. Glatzel.[1]) Die gewöhnliche Momentphotographie, die auf einer kurzen Aufhebung eines „Momentverschlusses“ beruht, gestattet, bei heller Beleuchtung noch gute Aufnahmen in etwa $^1/_{1000}$ Sekunde herzustellen. Dies genügt für die meisten Zwecke vollkommen. Will man indessen Momentaufnahmen von schnell bewegten Geschossen machen, so reicht dies Verfahren nicht mehr aus. So wird vom Geschoß des Infanteriegewehres bei 890 m/sec Geschwindigkeit in der Zeit von $1{,}1 \cdot 10^{-7}$ Sec. ein Weg von $^1/_{10}$ mm zurückgelegt, es dürfte also bei Abbildung in gleicher Größe die Dauer der Momentbelichtung nicht etwa 1 Zehnmilliontel-Sekunde überschreiten wenn man noch scharfe Bilder erhalten will. Zur Erzeugung so kurzer Belichtungsdauern muß man sich elektrischer Funken bedienen, wie sie zuerst E. Mach 1885 zum Photographieren von Projektilen in ihrer Flugbahn angewandt worden sind (vgl. d. Zeitschr. *I*, *121*). Die Funken wurden durch Entladung von Leidener Flaschen erzeugt, deren Auslösung im geeigneten Moment durch sinnreiche Vorrichtungen automatisch bewirkt wurde. Dies Verfahren hat in neuerer Zeit besonders durch C. Cranz in Charlottenburg erhebliche Verbesserungen erfahren. Eine der angewandten Methoden ist in Fig. 1 dargestellt. In die Primärleitung eines Induktoriums ist ein Draht eingeschaltet, der in der Mitte ein Stanniolblättchen A trägt. Dieses wird so vor der Mündung der Waffe aufgestellt, daß es von dem fortfliegenden Geschoß getroffen und zerrissen wird. Die Sekundärwicklung

Fig. 1. Schußauslösung.

[1]) Nach „Die Naturwissenschaften“ 1913, Nr. 39. Der Bericht gibt zugleich den wesentlichen Inhalt des vom Verfasser im Berliner Ferienkurs vom Oktober d. J. gehaltenen Vortrags wieder. Die Figuren sind den Veröffentlichungen von C. Cranz u. Br. Glatzel entnommen, die teils in den Verhdl. d. Deutschen Phys. Ges., teils in der Zeitschr. f. d. ges. Schieß- und Sprengstoffwesen 1909, teils in der Zeitschr. „Schuß und Waffe“ (15. Juli 1913), teils in Band III des Lehrbuchs der Ballistik von C. Cranz erfolgt sind.

des Induktoriums ist unter Parallelschaltung einiger Leidener Flaschen zu den Elektroden der Beleuchtungsfunkenstrecke *B* geführt, die man sich natürlich nicht in der Ebene der Figur, sondern weiter vorn zu denken hat. Hinter der Ebene der Geschoßbahn wird der photographische Apparat an geeigneter Stelle aufgestellt. Sobald nun der Schuß gelöst und der Stanniolstreifen von dem fliegenden Geschoß zerrissen wird, entsteht in der Sekundärwicklung des Induktoriums eine hohe elektromotorische Kraft, welche an der Stelle *B* den Beleuchtungsfunken hervorruft, der seinerseits das Geschoß *G* im Fluge photographiert. Die in der Abbildung erkennbare Verzögerung zwischen dem Unterbrechen des Primärstromes und dem Auftreten des Beleuchtungsfunkens ist dabei auf die Wirkung der Selbstinduktion des Induktoriums und der Kapazität der sekundär angeschlossenen Leidener Flaschen zurückzuführen. Nach dieser Methode entsteht allerdings nur, im Gegensatz zu den sonst üblichen Momentaufnahmen, ein Schattenbild des bewegten Gegenstandes, jedoch war dies zunächst für die ballistischen Untersuchungen vollkommen ausreichend. Eine derartige Aufnahme einer Selbstladepistole, bei welcher nach dem Schuß die Hülse automatisch ausgeworfen wird, ist in Fig. 2 wiedergegeben. Dadurch, daß man die Auslösevorrichtung in verschiedenen Entfernungen von der Mündung anbringt, kann man dann, wie es zuerst Cranz und Koch getan haben, eine Reihe von aufeinanderfolgenden Bewegungsmomenten festlegen und auf diese Weise Serienaufnahmen herstellen, welche ein kinematographisches Bild des Vorganges liefern. Einige andere Anwendungen des Schattenverfahrens haben zu physikalisch sehr interessanten Aufnahmen geführt. Kombiniert man nämlich die von Töpler angegebene Schlierenmethode mit der Funkenphotographie, so kann man auch die in der Umgebung des fliegenden Geschosses sich ausbildenden Luftwellen und -wirbel photographisch festhalten. Zu diesem Zweck wird z. B. mit Hilfe eines Hohlspiegels ein scharfes Bild des Beleuchtungsfunkens auf dem Objektiv des Aufnahmeapparates entworfen. An dem Objektiv ist die Töplersche Schlierenblende angebracht, welche fast das ganze direkte Funkenlicht abblendet. Der Apparat selbst ist auf die Ebene der Geschoßbahn eingestellt. Fliegt nun das Geschoß durch den Lichtkegel, so wird in den entstehenden Luftwirbeln das Licht abgebeugt, gelangt über die Schlierenblende hinweg auf die photographische Platte und erzeugt auf dieser ein Bild des fliegenden Geschosses, umgeben von den Luftwellen. Fig. 3 zeigt eine derartige Aufnahme, wie sie zuerst von Mach veröffentlicht worden ist. Man sieht nicht nur die Machschen „Kopf- und Schwanzwellen“, sondern auch besonders schön die Luftwirbel,

Fig. 2. Selbstladepistole, Auswerfen der Hülse.

Fig. 3. Luftschlieren nach Mach-Töpler.

Fig. 4. Schattenschlieren bei dem S-Geschoß.

welche sich in dem luftverdünnten Raum hinter dem Geschoß ausbilden. Ein anderes Verfahren, welches nicht so empfindlich ist wie die Töplersche Schlierenmethode, aber doch die Luftschlieren sehr schön wiedergibt, rührt von Dvorschak her und ist zuerst von V. Boys im Jahre 1896 für ballistische Zwecke verwendet worden. Man bezeichnet es als das „Schattenschlierenverfahren". Bei diesem werden keinerlei Linsen benutzt, sondern nur die photographische Platte in einem geeigneten Abstand hinter dem Geschoß aufgestellt. Die Beleuchtung erfolgt hier zweckmäßig mit einer möglichst punktförmigen Lichtquelle, welche man nach dem Vorgange von Töpler dadurch erhält, daß man die Funkenbahn senkrecht zur photographischen Platte anordnet. Man erreicht dann außer einer punktförmigen Lichtquelle bei längeren Funkenstrecken auch noch eine größere Helligkeit, ähnlich wie bei Spektralröhren mit Längsdurchsicht. Nach diesem Verfahren ist Fig. 4 hergestellt, auf welcher die Machschen Wellen besonders schön hervortreten.

Fig. 5. Parabellumpistole nach dem Schuß. (Vorderbeleuchtung.)

Für besondere Zwecke hat man auch statt der Schattenbilder Momentaufnahmen mit Vorderbeleuchtung hergestellt, die in ihrem Aussehen durchaus den üblichen Photographien entsprechen. Zum ersten Mal waren derartige Aufnahmen mit Vorderbeleuchtung im Jahre 1909 von C. Cranz hergestellt worden, und zwar unter Benutzung einer Quecksilberbogenlampe, durch welche eine Funkenentladung hindurchgeschickt wurde. Später hat dann auch Boas ähnliche Aufnahmen, u. a. ein rotierendes Rad, welches er mittels eines Scheinwerfers durch einen Funken beleuchtete, aufgenommen. Bedingung für die Erzielung guter Aufnahmen ist dabei die Verwendung hinreichend kräftiger Entladungsfunken, welche man nur durch Benutzung sehr großer Kapazitäten bei genügender Funkenlänge erhalten kann. Da nun sehr lange Funken bei den sich entladenden großen Elektrizitätsmengen leicht eine im Sinne der ballistischen Momentphotographie zu lange Belichtungsdauer ergeben können, so haben, wenn es sich um die Beleuchtung größerer Flächen handelte, bei ihren neuesten Aufnahmen Cranz, Günther und Külp das Verfahren der Unterteilung langer Funkenstrecken angewendet, wobei sie gleichzeitig noch den Vorteil einer gleichmäßigeren Beleuchtung der gesamten Fläche erreichten. Die Fig. 5 zeigt die Aufnahme einer Parabellum-Selbstladepistole nach dem Schuß, wobei die Auslösung des Beleuchtungsfunkens etwa 350 cm von der Mündung entfernt erfolgte. Auch hier sieht man wiederum das Auswerfen der leeren Patronenhülse. Sehr interessant in bezug auf die Explosivwirkung von Geschossen ist auch die Aufnahme der Fig. 6, bei welcher eine mit Wasser gefüllte frei aufgehängte Gummiblase durchschossen wurde. Das Geschoß hat hierbei die Gummiblase von rechts nach links durchdrungen und gerade auf der linken Seite das Gesichtsfeld verlassen.

Fig. 6. Durchschießung einer wassergefüllten Gummiblase.

Man ist endlich auch dazu übergegangen, nach den Prinzipien der Kinematographie eine größere Reihe von Momentaufnahmen eines und desselben Schusses herzustellen. Das war möglich, wenn man die ruhende photographische Platte verließ, zum rotierenden Film überging und gleichzeitig an Stelle eines Funkens eine größere Anzahl in regelmäßigen, sehr kurzen Abständen aufeinander folgender Funken verwendete. Der Film selbst konnte dabei verhältnis-

mäßig schnell rotieren, da man die Zeitdauer eines Funkens so kurz machen kann, daß innerhalb derselben der Film als praktisch vollkommen stillstehend anzusehen ist. Derartige kinematographische Aufnahmen wurden zuerst im Jahre 1903 von Schwinning hergestellt, welcher zehn aufeinander folgende Bilder in der Weise erzielte, daß er eine Anzahl Leidener Flaschen nacheinander in bestimmten Zeitabständen über die Beleuchtungsfunkenstrecke entlud und so mehrere Momente desselben Schußvorganges festhalten konnte. Immerhin war die Zahl der Funken pro Sekunde, die „Funkenfrequenz“ noch gering. Zu höheren Werten kam L. Bull, welcher in dem Institut von Marey zu Paris eine Methode ausarbeitete, bei der durch einen geeigneten Unterbrecher im Primärkreis eines Induktoriums 2000 Beleuchtungsfunken pro Sekunde erzeugt werden konnten. Es bedeutete einen erheblichen Fortschritt, als es Cranz gelang, mit seinem ballistischen Kinematographen 800 Bilder desselben Vorganges mit einer Funkenfrequenz von 5000 herzustellen. Erst jetzt wurde eine wirkliche kinematographische Wiedergabe ballistischer Vorgänge möglich. Cranz erzeugte die hohen Funkenzahlen mit einer von der Firma Boas gebauten hochperiodischen Wechselstrommaschine, welche einen Boasschen Resonanzinduktor speiste, der seinerseits die Sekundärkapazität so auflud, daß in einer parallel geschalteten Funkenstrecke pro Halbperiode eine Entladung einsetzte. Da die Wechselstrommaschine 2500 Perioden besaß, erhielt Cranz auf diese Weise 5000 Funken pro Sekunde, welche in vollkommen regelmäßigen Abständen entsprechend den Maximis der einzelnen Halbperioden aufeinander folgten. Mit der gleichen Anordnung ließen sich dann auch zur Aufnahme langsamerer Vorgänge 2500 Funken pro Sekunde erzielen, wenn man die Funkenstrecke auf eine etwas größere Länge einstellte, so daß die Überschlagsspannung stets erst nach Ablauf einer vollen Periode erreicht wurde. Die Filmgeschwindigkeit, mit welcher bei diesen Aufnahmen gearbeitet wurde, betrug etwa 120 m pro Sekunde. Bei den Aufnahmen selbst zeigte sich nun zunächst eine gewisse Unschärfe, welche darauf zurückzuführen war, daß die einzelnen Funken nicht kurz genug waren. Die Funkenstrecke blieb nämlich bei diesen immerhin schon hohen Funkenzahlen und bei der verhältnismäßig großen Energie, welche zur Verwendung gelangte (bis zu 4 KW), etwas ionisiert, so daß die Funken nicht scharf abrissen. Es gelang Cranz jedoch, auch diese Schwierigkeit dadurch zu beseitigen, daß die Elektroden kräftig gekühlt und von einem starken Luftstrom angeblasen wurden, welcher alle leitenden Metallteilchen schnell aus der Funkenbahn entfernte. Es zeigte sich übrigens später, daß dieses Verfahren des Anblasens der Funkenstrecke auch genügend wirksam ist, wenn man zu noch weit höheren Funkenfrequenzen, bis zu 100000, hinaufgeht. Ein Beispiel derartiger Aufnahmen stellt Fig. 7 dar. In dieser ist

Fig. 7. Durchschießung einer Tonkugel.

die Durchschießung einer Tonkugel wiedergegeben. Das Geschoß *G* tritt in Bild 1 gerade auf der linken Seite in das Gesichtsfeld hinein, erreicht in Bild 2 die Tonkugel (Einschuß) und verläßt sie dann in Bild 3 wieder (Ausschuß). Bild 4 zeigt dann die nach dem Fortfliegen des Geschosses noch weiter fortschreitende Explosionswirkung, welche nach einiger Zeit, wie die späteren Momenten entsprechenden Aufnahmen auf der rechten Seite der Figur zeigen, zu einer völligen Zerstörung der Tonkugel führt.

Bei dem beschriebenen Verfahren war es nur schwer möglich, die Bildfrequenz innerhalb weiterer Grenzen zu ändern und namentlich unmöglich Bildfrequenzen von 80000 bis 90000 herzustellen. Dies gelang Cranz und Glatzel durch eine in den *Verhandl. d. d. physikal. Ges. 1912* beschriebenen Methode. In Fig. 8 ist das Schaltungsschema der Anordnung wiedergegeben. Der Kreis I dient zur Erzeugung von Hochfrequenzschwingungen nach dem Prinzip der aperiodischen Stoß-

erregung in der Weise, wie sie zuerst von Rein (*Phys. Zeitschr. 1910*) ausgeführt worden ist. C_1 ist eine große Kapazität, ein oder mehrere Glimmerkondensatoren von 25 bis 100000 cm, L_1 eine möglichst kleine Selbstinduktion von 1 oder 2 Windungen, und F_1 eine Entladestrecke. Die Aufladung der Kapazität C_1 erfolgt mit Gleichstrom von 600 bis 700 Volt Spannung unter Vorschaltung von Widerständen und Drosselspulen. Wählt man

Fig. 8. Elektrische Anordnung, Schaltungsschema.

die elektrischen Dimensionen richtig und benutzt vor allem eine Entladestrecke F_1 mit ausgezeichneter Löschwirkung, z. B. die von Scheller angegebene Entladestrecke, welche in einer Spiritusatmosphäre arbeitet, so erhält man im Primärkreis eine Art aperiodischer Entladung, die man auch als elektrischen „Stoß“ bezeichnen kann. Koppelt man nun mit dem Primärkreis einen Sekundärkreis II, bestehend aus der großen Selbstinduktion L_2

Fig. 9. Optische Anordnung.

und der entsprechend kleineren Kapazität C_2, so erhält man im Kreise II elektrische Schwingungen, durch welche C_2 so hoch aufgeladen wird, daß in einer zu ihr parallel geschalteten Funkenstrecke F_2 Funken übergehen. Bei passender Länge der Funkenstrecke kann man es erreichen, daß durch jeden Stoß im Primärkreis eine Entladung in F_2 hervorgerufen wird. Da nun in der primären Gleichstromquelle dauernd ein großes Elektrizitätsreservoir zur Verfügung steht, aus welchem die Kapazität C_1 sofort nach der Entladung wieder aufgeladen wird, so hat man es in der Hand, die Zahl der Stöße im Primärkreis beliebig zu erhöhen. Je kleiner man C_1 wählt, und je geringer der Elektrodenabstand der Entladestrecke F_1 gemacht wird, um so schneller erfolgt die jeweilige Aufladung der Kapazität und um so schneller folgen die einzelnen Entladestöße aufeinander. Auch durch Verringerung des Widerstandes und der Größe der Drosselspulen in der Zuleitung läßt sich die Entladezahl steigern. Es gelang auf diese Weise, die Funkenfrequenz innerhalb der Grenzen 200 und 100000 zu verändern und dadurch kinematographische Aufnahmen sowohl von sehr langsamen wie auch von sehr schnellen Vorgängen herzustellen. Die verwendete optische Anordnung ist in Fig. 9 wiedergegeben. Die Beleuchtungsfunkenstrecke F_2 war vor einem Hohlspiegel angebracht, welcher ein Bild der Funkenstrecke auf dem Aufnahmeobjektiv O entwarf. Dieses bildete seinerseits wieder den

Fig. 10. Durchschießung eines Holzstückes. (6400.)

Fig. 11. Schußaufnahmen mit verschiedenen Funkenfreqenzen. (92200.)

an der Stelle P sich abspielenden Vorgang, z. B. bei einem Schuß, auf dem Film ab. Dieser befand sich auf einer rotierenden Trommel, welche mit maximal 9000 Umdrehungen pro Minute betrieben werden konnte. Da, wie bereits erwähnt, durch kräftiges Anblasen der Beleuchtungsfunkenstrecke dafür gesorgt wurde, daß die Zeitdauer jedes Funkens auch gegenüber der schnellsten Filmbewegung noch sehr kurz war, so gelang es, selbst bei den höchsten Bildfrequenzen vollkommen scharfe Bilder zu erzielen. Es war u. a. möglich, mit einer Bildfrequenz von 250, Aufnahmen eines aus einem Glasrohr fallenden Tropfens her-

zustellen, auf denen man sehr deutlich die zuerst von Lenard gefundene Tatsache erkennt, daß der fallende Tropfen Pendelbewegungen ausführt, wobei seine Form zwischen einem Ellipsoid mit horizontaler und einem mit vertikaler Achse wechselt. Fig. 10, die mit 6400 Funken pro Sekunde aufgenommen ist, zeigt die Durchschießung eines kleinen Holzstückchens, welches vor der Mündung einer Pistole aufgestellt war. Man sieht deutlich, daß der Vorgang der Zersplitterung sich wesentlich langsamer als der eigentliche Schuß abspielt, da das Geschoß das Holzstück längst verlassen hat, während die Zersplitterung noch immer weiter fortschreitet. Auch erkennt man, daß für das Umfallen des Holzstückes eine relativ große Zeit erforderlich ist. Von Schußaufnahmen mit verschiedenen Funkenfrequenzen sei hier nur die mit der Frequenz 92200 pro Sekunde in Fig. 11 wiedergegeben. Die Bildstreifen sind hier naturgemäß sehr schmal; man sieht deutlich, wie das Geschoß proportional der Zeit in seiner Bewegung von rechts nach links fortschreitet. Die Aufnahmen bestätigen auch die bereits früher von Cranz gemachte Beobachtung, daß bei Stahlmantelgeschossen der Abschluß des gezogenen Laufes keineswegs ein vollkommener ist, sondern daß infolge des hohen Gasdrucks im Innern ein Teil der Pulvergase sich zwischen Wandung und Geschoß hindurchpreßt und auf diese Weise früher als letzteres den Lauf verläßt. Erst einige Zeit später folgt das Geschoß und auf dieses die Hauptmasse der Pulvergase. *P.*

Der neue Schnelltelegraph von Siemens & Halske. In den *„Mitteilungen aus den Gesellschaften Siemens & Halske und Siemens-Schuckertwerke“* September 1913 wird über den neuen Schnelltelegraphen folgendes mitgeteilt: Der Apparat gehört zu den sogenannten Maschinen-Telegraphen, bei denen die Telegraphierzeichen mittels eines selbsttätigen Sendeapparates der Leitung zugeführt werden. Zu dem Zweck wird der Text eines Telegramms in Lochschrift auf einen Papierstreifen (Sendestreifen) übertragen. Dies geschieht mit einem Apparat, der äußerlich wie eine Schreibmaschine gestaltet und auch wie eine solche zu handhaben ist; bei jedem Tastendruck wird die den zu telegraphierenden Zeichen entsprechende Lochkombination auf elektrisch-magnetischem Wege in den Papierstreifen eingestanzt und dieser dann automatisch ein wenig vorwärts geschoben, damit der genügende Abstand zwischen den einzelnen Zeichen gewahrt bleibt. Der Sendeapparat wird durch einen Motor betrieben, dessen Umdrehungszahl den Erfordernissen des Verkehrs angepaßt werden kann. Der mit geregelter Geschwindigkeit vorwärts bewegte Streifen passiert dabei eine Kontaktvorrichtung, die derart arbeitet, daß je einem Loch entsprechend ein negativer Stromstoß gegeben wird, während sonst positive Stromimpulse ausgegeben werden. Auf jedes Zeichen entfallen 5 Stromimpulse, die nacheinander durch die Leitung zum Empfangsapparat fortgepflanzt werden. Die Benutzung von je 5 Stromimpulsen ermöglicht es, 32 Kombinationen zu bilden, beispielsweise + — — + — oder — + — + — usw.

Dem Empfangsapparat wird genau die gleiche Tourenzahl gegeben, die der Sendeapparat hat; um dies zu erzielen, ist eine besondere Synchronisierungsvorrichtung angebracht. Die vom Sender kommenden Stromimpulse werden zunächst in 5 sogenannten Kombinationsrelais aufgenommen, die je nach der Richtung der einzelnen Impulse ihre Ankerzungen in die eine oder andere Lage bringen. Die durch einen Motor angetriebene Achse des Empfängers, die auch das Typenrad trägt, besitzt mehrere Kontaktbürsten, die über eine in eine Anzahl Kontaktringe zerlegte sogenannte Kombinationsscheibe schleifen. Die Ringe sind nach bestimmtem System unterteilt und mit den 5 Kombinationsrelais verbunden. Die rotierenden Kontaktbürsten können bei einer Umdrehung der Typenradachse 32 verschiedene Kombinationen von der Kombinationsscheibe abnehmen. Der Abdruck eines bestimmten Zeichens erfolgt, sobald die rotierenden Kontaktbürsten die Stellung einnehmen, die der betreffenden Kombination auf der Scheibe entspricht. Es kann somit bei jeder Umdrehung nur ein Zeichen zum Abdruck kommen. Um die Übertragung noch zu beschleunigen, kann man zwei Sätze von Kombinationsrelais verwenden, von denen der eine die ankommende Stromkombination aufnimmt, während der andere das vorhergehende, bereits aufgenommene Zeichen zum Abdruck bringt.

Die Umdrehungszahl der Apparate beträgt normal 720 in der Minute, kann aber bis 1000 gesteigert und bis 200 herabgesetzt werden, wenn es die elektrischen Eigenschaften der Leitung erfordern. Dies wird als ein bedeutender Vorteil gegenüber der bisherigen Maschinentelegraphie angesehen.

Es ist auch vorgesehen, daß der Empfänger die einlaufenden Zeichen sofort in Lochschrift aufnimmt, so daß der erhaltene Streifen gleich wieder als Sendestreifen zur Weiterbeförderung an eine andere Station verwendet werden kann.

Das System scheint dazu berufen, eine vollständige Umwälzung in der Verkehrstelegraphie herbeizuführen. Man kann durch eine Reihe von Schreibapparaten die Sendestreifen so vorbereiten, daß ihre Übertragung auf die Linie ohne Unterbrechung erfolgen kann. Das System ist für Gleichstromnetzspannung von 110 Volt gebaut und vor kurzem bereits von der Reichstelegraphieverwaltung auf den verkehrsreichen Linien Berlin—Breslau, Berlin—Düsseldorf, Berlin—Straßburg i. E., Berlin—Frankfurt a. M. und Berlin—Königsberg in Betrieb genommen.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Einführung in das Studium der theoretischen Physik, insbesondere in das der analytischen Mechanik. Mit einer Einleitung in die Theorie der physikalischen Erkenntnis. Vorlesungen von Paul Volkmann, Professor der theoretischen Physik an der Universität Königsberg i. Pr. Zweite, mehrfach umgearbeitete Auflage. B. G. Teubner, 1913. 412 S. M 13,—.

Der Verfasser hat sich in dieser Auflage noch mehr als in der ersten durch den Gesichtspunkt bestimmen lassen, daß eine Einführung in die theoretische Physik am besten an der Hand der historischen Entwicklung und im besonderen der Klassiker dieses Gebiets geschehen müsse. Dementsprechend wird namentlich der Grundlegung der mechanischen Prinzipien durch Newton ein breiter Raum gewidmet. Der Verfasser glaubt bei diesem Verfahren am leichtesten eine Gefahr vermeiden zu können, die er als Intellektualismus bezeichnet und der er „in besonders hohem Grade“ den Unterricht an den höheren Lehranstalten ausgesetzt findet. Aber es dürfte nicht zu verkennen sein, daß die theoretische Physik dieser Gefahr noch leichter anheimfallen kann als die Schulphysik, die sich doch niemals weit von dem Leitfaden der Erfahrung entfernen darf. In dem Buche werden nach der Anwendung der Newton-Grundsätze auf die Gravitation und die Mechanik von Massenpunkten weiterhin behandelt: Die Mechanik eines Massensystems mit Anwendungen auf praktische Physik, Methoden- und Instrumentenlehre, die Hydrostatik, geophysikalische Fragen, endlich die allgemeinen Prinzipien der Mechanik. Besonderes Interesse bietet der Schlußabschnitt, der die Theorie der physikalischen Erkenntnis zum Gegenstande hat und dabei auf die allgemeinen methodischen Grundlagen der Physik, auf die methodischen Regeln der Forschung und auf allgemeine erkenntnistheoretische Fragen, speziell die der Kausalität und des Mechanismus, näher eingeht. Wir müssen uns versagen, bei dieser Gelegenheit einzelne Abweichungen von der Auffassung des Verfassers zu erörtern und begnügen uns, auf die wertvollen und anregenden Auseinandersetzungen dieses Abschnitts hinzuweisen. *P.*

Himmelskunde. Versuch einer methodischen Einführung in die Hauptlehren der Astronomie. Von Prof. Dr. Joseph Plaßmann. Mit 1 Titelbild in Farbendruck, 282 Abbildungen und 3 Karten. 2. und 3. verbesserte Auflage. Freiburg i. B., Herder, 1913. 572 S. M 11.—, geb. M 13,—.

Die vorliegende populäre Himmelskunde erfreut sich in den Kreisen der Fachlehrer hohen Ansehens, da sie mit elementar-mathematischer Behandlung die größte hierbei erreichbare Exaktheit verbindet und in allen Zahlenangaben und sonstigen Daten der Anspruch unbedingter Zuverlässigkeit unter Berücksichtigung der neuesten Forschungen erheben darf. Die methodische Anordnung und Behandlung des Stoffes ist überdies derart, daß daraus auch wertvolle Anregungen für den Unterricht entnommen werden können. In der neuen Auflage ist der Umfang des Textes etwas vermindert, dagegen die Zahl der Bilder vermehrt. Unter diesen ist namentlich ein sehr schönes Doppelblatt zu nennen, das den Orionnebel nach einer Aufnahme von W. Wolf in Heidelberg darstellt; ferner neue Mond- und Sonnenbilder. Die Milchstraßentheorie von Easton ist neu redigiert. Das Buch sei von neuem, mit den Worten des Verfassers, der Aufmerksamkeit aller ernster gesinnten Diener der Königin der Wissenschaften empfohlen. *P.*

Abhandlungen und Vorträge zur Geschichte der Naturwissenschaften. Von Prof. Dr. Edmund O. von Lippmann. II. Band, 491 S. Leipzig, Veit u. Co., 1913. M 8,—.

Dem ersten 1906 erschienenen Band hat der Verfasser in kurzem diesen zweiten folgen lassen, der wiederum eine reiche Fülle interessantesten historischen Materials enthält. Nicht einmal die Titel der 36 längeren oder kürzeren Aufsätze können hier alle angeführt werden. Genannt seien vor allem die größeren Abhandlungen über: Chemisches und Physikalisches aus Plato, Chemisches und Alchemisches aus Aristoteles, Chemisches bei Marco Polo, zur Geschichte der Pottasche und ihres Namens, zur Geschichte des Namens Gas, zum hundertjährigen Jubiläum des Vakuumapparates (erfunden 1812 von E. C. Howard). Von Einzelheiten seien folgende erwähnt: Die Entsalzung des Meerwassers durch Tongefäße, eine überaus schwierige Vexierfrage; der Kranz (nicht Krone) des Königs Hiero; der Alkohol nicht arabischen, sondern italienischen Ursprungs; das Wort Ammoniak nicht von sal ammoniacum, sondern von sal armoniacum (armenisches Salz) abgeleitet. Die Verbrennung einer Eisendrahtspirale in Sauerstoff hat zuerst Ingen Housz, die einer Uhrfeder Lichtenberg ausgeführt. Diese wenigen Proben mögen genügen, um anzudeuten, was an Aufklärungen bei der Lektüre des Buches gewonnen werden kann. Von biographischem Material in engerem Sinne ist anzuführen ein Artikel zur Würdigung Jean Reys, einer über A. von Humboldt als Vorläufer der Lehre von der Isomerie und einer über J. von Liebig und Robert Mayer. *P.*

Geschichtliche Entwicklung der Prinzipien der Mechanik und Physik. Von Rudolf Mewes. Mit 15 Abbildungen. Neue unveränderte Ausgabe. (S.-Abdruck aus „Theorie und Praxis der Großgasindustrie" desselben Verfassers.) 86 S. Leipzig, H. A. Ludwig Degener. M 3,—.

Der Verfasser behandelt das Thema vornehmlich im Hinblick auf die Bedürfnisse des Ingenieurs und im Anschluß an Dührings Geschichte der Prinzipien der Mechanik, weicht aber von diesem mehrfach ab, namentlich durch eine größere Wertschätzung der Leistungen von Descartes, den er gegen Dühring in Schutz nimmt. Auch Keplers Verdienste um die Mechanik werden höher bewertet, als dies gemeinhin der Fall ist. In bezug auf Galilei stellt der Verfasser trotz Dührings gegenteiliger Darlegung die Entdeckung der Fallgesetze so dar, als habe dabei eine Vorstellung von der Unveränderlichkeit der Schwerkraft mitgespielt. Auch sonst geht der Verfasser mit seinen Gedanken vielfach eigene Wege, so daß man sich ihm nicht ohne ausreichende Sachkenntnis und ohne kritische Prüfung wird anvertrauen dürfen. *P.*

Geschichte des naturwissenschaftlichen und mathematischen Unterrichts. Von Franz Pahl. (Handbuch des naturw. u. math. Unterr. Herausgeg. von J. Norrenberg, I. Band.) Leipzig, Quelle und Meyer, 1913. 368 S. M 8,60, geb. M 10,60.

Der Verfasser greift seinen Gegenstand in gründlicher und umfassender Weise an, indem er nicht nur die Geschichte des Unterrichts behandelt, sondern parallel damit auch die Entwicklung der mathematischen und naturwissenschaftlichen Kenntnisse sowie das wissenschaftliche Leben überhaupt in seine Darstellung hineinzieht. Die letzen drei Jahrhunderte werden als saeculum mathematicum, philosophicum und historicum gekennzeichnet. Die neueste Entwicklung ist auf verhältnismäßig kurzen Raum zusammengedrängt, besondere Anerkennung erfahren mit Recht die Wieseschen Realschulpläne von 1859, doch müssen wir auch bei dieser Gelegenheit (zu S. 292) in Abrede stellen, daß Wiese Mathematik und Naturwissenschaften als „humanistische Lehrfächer" in dem heut gebräuchlichen Sinne des Wortes angesehen habe (vgl. d. Zeitschr. *XVII, 242*). Den neuesten Reformvorschlägen, insbesondere den Meraner Plänen, widmet der Verfasser eine geschickte und sachgemäß gehaltene Erörterung, und schließt mit dem Hinweis auf die Schwierigkeit, die sprachlich geschichtlichen Bildungselemente mit den mathematisch-naturwissenschaftlichen so zu verschmelzen, daß gleichzeitig auch eine Vertiefung der geistigen Ausbildung erzielt wird. *P.*

Methoden zur Erzeugung von Hochfrequenzenergie. Von Professor Dr. Br. Glatzel. (S.-Abdr. aus der Zeitschrift „Helios".) Mit 57 Abbildungen. 60 S. Leipzig, Hachmeister & Thal, 1913. M 1,50.

Die Schrift ist durch Erweiterung eines Vortrags entstanden, den der Verfasser im Jahre 1912 auf der Naturforscherversammlung in Münster gehalten hat. Er stellt die physikalischen Grundlagen der in Betracht kommenden Vorgänge recht anschaulich und übersichtlich dar, indem er von den Erscheinungen

bei Niederfrequenz ausgeht, die sich durch einfache Demonstrationsversuche vorführen lassen. Behandelt wird im besonderen die Erzeugung von Schwingungen gleichbleibender Amplitude (ungedämpfte Schwingungen) in Hochfrequenzmaschinen und durch Lichtbogengeneratoren, dann die Erzeugung gedämpfter Schwingungen unter besonders eingehender Behandlung des von W. Wien entdeckten Prinzips der Löschfunken. Zur Orientierung über das Ganze der hier vorliegenden Fortschritte von Theorie und Technik ist das Schriftchen sehr geeignet und kann besonders auch den Fachlehrern der Physik empfohlen werden. *P.*

Die Weltherrin und ihre Schatten. Ein Vortrag über Energie und Entropie. Von Felix Auerbach. 2. ergänzte und durchgesehene Auflage. Jena, Gustav Fischer, 1913. 74 S. M 2,—.

Der in dieser Zeitschr. *XVI, 126* angezeigten 1. Auflage läßt der Verfasser jetzt diese zweite folgen, die eine Reihe größerer Einschaltungen und ein neues Schlußkapitel enthält. Besonders interessant auch für weitere Kreise sind die Darlegungen über die Beziehungen von Energie und Entropie zum Organischen und Psychischen; der Verfasser stellt sich hier in Gegensatz zu Ostwalds Annahme einer besonderen Form von psychischer Energie und schreibt dem Psychischen vielmehr eine Entropie zu, die dem Naturablauf nach dem Schema des Entropiegesetzes direkt entgegenwirkt. Er knüpft dabei an eine Bemerkung von Helmholtz und an naturphilosophische Ideen von Bergson und von Georg Hirth an. *P.*

Der Präzessionsglobus. Ein chronologisches Werkzeug für Historiker und Philologen. Von Prof. Dr. Heinrich Vogt. Breslau, Ferdinand Hirt, 1912. 31 S. M 1,—.

Der Verfasser stellt interessante historische Daten über Präzessionshimmelsgloben zusammen, die sich von den gewöhnlichen dadurch unterscheiden, daß die Weltachse entsprechend der Präzession der Nachtgleichen verstellbar ist. Er hat einen Globus, der dem Kgl. Friedrichs-Gymnasium in Breslau gehört und im Jahre 1715 in Amsterdam von den Brüdern Valk angefertigt ist, mit einer Präzessionseinrichtung versehen lassen, die er ausführlich beschreibt. Der so hergerichtete Globus soll in erster Reihe für die Bearbeitung der antiken Fixsternkalender dienen, in denen nach Th. Mommsen „ein reiches Material herrlicher Aufklärung uralter weltgeschichtlicher Internationalbeziehungen verborgen liegt“. Er wird aber auch im astronomischen Unterricht mit Nutzen zu verwenden sein. *P.*

Leitfaden der Wetterkunde. Gemeinverständlich bearbeitet von Dr. R. Börnstein Dritte umgearbeitete und vermehrte Auflage. Mit 55 Abbildungen im Text und 26 Tafeln. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1913. 270 S. M 7,—, geb. M 8,—.

Der vor kurzem verstorbene, um die Wetterkunde und deren Popularisierung sehr verdiente Verfasser hat dieses Werk in der Absicht verfaßt, insbesondere auch dem Unterricht „ohne Vermehrung des eigentlichen Lehrstoffes ein weites und schönes Unterrichtsgebiet zu erschließen“, indem er den Lehrern der Physik wie der Geographie ein reiches Material für die Anwendung der Naturgesetze auf die atmosphärischen Vorgänge darbietet. Es sind im Hinblick hierauf auch die wissenschaftlichen Grundlagen des Gebietes in die Darstellung hineingezogen. Im einzelnen wäre freilich manches anders zu wünschen. So dürfte die Tiesensche Ableitung für die Ablenkung der Winde nicht für den Unterricht brauchbar und überhaupt nicht haltbar sein. Zur ersten Orientierung in der Wetterkunde ist das Buch jedoch wohlgeeignet. Die neue Auflage zeichnet sich durch vielfache Ergänzungen aus, namentlich über die Temperatur der oberen Luftschichten, die Sonnenstrahlung, die Dämmerungsfarben und anderes mehr. Eine Reihe schöner Wolkentafeln aus dem internationalen Wolkenatlas von 1910 gereichen dem Buche zur besonderen Zierde. *P.*

Grundriß der Physik. Von Dr. K. Sumpf. Ausgabe A, 13. Auflage, bearbeitet von Prof. Dr. H. Hartenstein und Prof. Dr. A. Pabst. Hildesheim u. Leipzig, August Lak, 1913. Mit 604 Abbildungen und 1 Spektraltafel, 408 S. Geb. M 3,80.

Diese neue Auflage weist mannigfache Veränderungen und Erweiterungen auf. Es ist mehrfach auf Schülerübungen hingewiesen; auch ist, was sehr zu billigen ist, mit Rücksicht auf solche Übungen eine größere Zahl von Meßapparaten beschrieben und abgebildet worden. Andre Zusätze beziehen sich auf den mathematischen Ausbau des Stoffes, und gehen zum Teil wohl schon über das hinaus, was für die Unterstufe, bzw. für Realschulen, denen dies Buch vornehmlich dient, angemessen ist. Einiges von dem neu Hinzu-

gefügten ist zu beanstanden, so die Herleitung für das konische Pendel (Fig. 93b) und die für die Beugung durch einen engen Spalt (Fig. 278b). Im Galvanismus wird noch mit dem Begriff Spannung ohne hinreichende Erläuterung gearbeitet, und ohne Rücksicht darauf, daß dieser Begriff zuvor in der Elekrostatik abweichend definiert ist. Von alten Figuren hätte namentlich die des Multiplikators (Fig. 419a) ausgemerzt werden sollen. Einen Vorzug des Buches bildet die reiche Auswahl von Übungsfragen, die schon Sumpf der ersten Auflage beigegeben hat.

P.

Physikalische Grundlagen der Elektrotechnik. Von Prof. Dr. F. F. Martens. (Die Wissenschaft. Sammlung naturwissenschaftlicher und mathematischer Monographien, Heft 46.) Erster Band: Eigenschaften des magnetischen und des elektrischen Feldes. 245 S. M 7,20.

In der Ankündigung wird gesagt, daß die Erforschung und Anwendung magnetischer und elektrischer Felder die Kenntnis und Beherrschung der Natur in den letzten Jahrzehnten mit einer Geschwindigkeit gefördert habe, hinter der der Unterricht vielfach zurückgeblieben sei. „Wer z. B. von dem ganzen Gebiet der Dynamomaschinen nur den Grammeschen Ring und das Siemenssche Prinzip der Selbsterregung kennt, wird einer elektrischen Zentrale fast so fremd gegenüberstehen, als ob er sich gar nicht mit solchen Fragen befaßt hätte." Der Verf., der als angesehener Forscher bekannt ist, will diese Lücke ausfüllen für Elektrotechniker, Physiker, Industrielle und naturwissenschaftliche Lehrer. Wir möchten glauben, daß dieses Ziel erreicht wurde in bezug auf die Darstellung einzelner Abschnitte; in bezug auf den gebotenen Stoff wurde erheblich mehr geleistet; in methodischer Beziehung bleiben wichtige, Forderungen unerfüllt. Es fehlt nicht nur ein vorsichtiger Fortschritt vom Leichten zum Schweren, sondern es entbehrt auch die Ableitung der wichtigsten Begriffe der anschaulichen Verknüpfung mit den zugrundeliegenden Tatsachen und miteinander. Dadurch erhält die Gesamtdarstellung etwas Ungleichmäßiges und Willkürliches, und von dem oben genannten Kreise von Lesern aus verschiedenen Berufen dürften wohl nur die Physiker ernsthaft in Betracht kommen; sie sind in der Lage, einen Geländeabschnitt, über den der Verf. hinwegspringt, auf einem ihnen anderweitig bekannt gewordenen Wege zu durchschreiten.

Ein kurzes Eingehen auf einzelne Teile des Inhalts wird das Gesagte bestätigen. Von den beiden Feldern wird zunächst das magnetische behandelt. Die Grundversuche mit permanenten Magneten werden besprochen, Induktion eines Eisenstückchens, das Entstehen von neuen Polen beim Zerbrechen, die Theorie der Molekularmagnete werden an der Hand von Abbildungen dargestellt. Hingegen wird im folgenden Abschnitt das Coulombsche Gesetz ohne Erwähnung von Versuchen ausgesprochen und nur zur Erläuterung ein Zahlenbeispiel hinzugefügt (es sei $m = 60$ elmagn. Einheiten usw.), ohne daß der logische Weg, auf dem man aus dem Gesetze überhaupt erst zur Definition der Einheit kommt, angedeutet wäre.

Die quantitativen Erörterungen über Magnetisierung und Induktion knüpft der Verf. an den Fall des Rotationsellipsoids an. Er berechnet das Feld für Punkte auf der Längsachse und in der Äquatorialebene und definiert die Induktion durch die Gleichung: $\mathfrak{B} = 4\pi\,\mathfrak{J} + \mathfrak{H}$.

Das zweite Kapitel handelt von dem magnetischen Wirbelfeld, das einen Strom umschlingt. Zunächst wird die magnetomotorische Kraft besprochen. Sie ist definiert durch die Summe $\mathfrak{H}_l \cdot dl$, wo $\mathfrak{H}_l$ die Komponente der magnetischen Kraft bedeutet, die in die Richtung dl fällt. Es wird gezeigt, daß diese Summe Null ist für jeden beliebigen in sich geschlossenen Weg, der keine elektrische Strombahn umschlingt, und es wird behauptet, daß sie $4\pi i$ ist für einen Weg, der die Bahn des Stromes i einmal umschlingt. Zur Begründung wird hinzugefügt, daß die Größen $\mathfrak{H}_l$ der Stromstärke proportional sind. „Die Wahl der reinen Zahl 4π als Proportionalitätsfaktor ist mit Rücksicht auf das elektromagn. Maßsystem geschehen ...... i ist in elektromagn. Einheiten der Stromstärke zu messen."

So wie bei den angeführten Definitionen leitet der Verf. sehr häufig einen Begriff aus einer Gleichung ab, was methodisch um so weniger ratsam erscheint, wenn die Gleichung selbst sich nicht zwingend ergibt. Dafür noch ein Beispiel: „Innerhalb eines kleinen Volumens dV..... im Inneren einer stromdurchflossenen Spule kann die Feldstärke $\mathfrak{H}$ als konstant angesehen werden. Man weiß nicht, welche Veränderung in dem Volumen eingetreten ist, wenn das Volumen magnetisiert ist; aber man weiß, daß Arbeit dazu nötig gewesen ist, diese Änderung hervorzubringen. Man setzt die in dV enthaltene Energie $dU = \mathfrak{H}^2 \cdot dV : 8\pi$. Da.....

$\mathfrak{H}$ proportional i ist, so ..... sind alle Energiemengen dU proportional i^2; also ist auch U proportional i^2, und man kann schreiben: Die Energie des ganzen vom Strome i erzeugten magnetischen Feldes ist $U = {}^1/_2 L i^2$. Man nennt L die Selbstinduktion der Spule."

Es darf wohl gesagt werden, daß in diesen und vielen anderen Dingen der übliche Unterricht hinter dem Gange der wissenschaftlichen Erkenntnis erheblich weniger zurückgeblieben ist, als es nach der Darstellung des Verf. scheinen könnte.

Das Buch enthält eine große Zahl von Abbildungen, die nicht nur größtenteils vom Verf. neu gezeichnet wurden, sondern zum Teil auch interessante neue oder weniger bekannte Anordnungen und Versuche betreffen. Hierher gehört der Nachweis der Tangentialkomponente des elektrischen Feldes außerhalb von Stromleitern, Bestimmung des Leitvermögens von Elektrolyten mit Poulson-Schwingungen u. a. m. Auch technische Dinge, wie Kugelphotometer, Tragmagnet u. dgl., sind berücksichtigt.

Ein Schlußkapitel ist der Vergleichung der verschiedenen Maßsysteme einschließlich des Lorentzschen gewidmet; dies erschien um so angebrachter, als im Buche selbst der Konsequenz wegen nur ein Maßsystem, nämlich das elektromagnetische, benutzt wurde.

Sp.

Vorlesungen über die Theorie der Wärmestrahlung. Von M. Planck. Zweite, teilweise umgearbeitete Auflage. XII u. 206 S. Leipzig 1913. M 7,—, geb. M 7,80.

Die zweite Auflage dieses Buches, das den Leser in ziemlich elementarer Darstellung über die Strahlungstheorie orientiert, unterscheidet sich von der ersten Auflage vor allem durch die Modifikation, die die alte Plancksche Theorie, wie sie noch in der ersten Auflage dargestellt war, seitdem durch ihren Urheber erfahren hat. Es wird hier die alte Ansicht, daß sowohl Emission wie Absorption von Strahlung unstetig erfolgt, verlassen, und nur noch für die Emission der unstetige oder quantenhafte Energieumsatz angenommen. Die so entstehende neue Theorie hat gegenüber der alten gewisse Vorzüge, sie basiert aber auch noch auf der Hypothese der ganzzahligen Energiequanten, und Planck meint, daß der volle Erfolg der Quantenhypothese wahrscheinlich erst einer späteren Generation zugute kommen wird. Inzwischen hat jedoch Planck diese seine in dem Buche dargelegte Ansicht über den quantenhaften Energieumsatz von neuem (Sitzungsber. der Berliner Akademie 1913, S. 350) wesentlich verändert, indem er auch Bruchteile von Quanten in Wärmestrahlung sich verwandeln läßt. Damit wird die Quantenhypothese hinsichtlich der Wärmestrahlung prinzipiell aufgegeben. — Das Buch gibt im übrigen mancherlei Belehrung und regt zum Nachdenken an über das noch wenig geklärte Kapitel der Strahlung.

E. Gehrcke.

Précis d'optique, publié d'après l'ouvrage de Paul Drude, refondu et complété par Marcel Boll. Avec une Préface de Paul Langevin. Tome 1: Optique géométrique. Optique ondulatoire. X u. 375 S. 168 Abb. 12 Fr. Tome 2: Optique électromagnétique. Optique énergétique. 362 S. 64 Abb. 12 Fr. Gauthier-Villars, Paris 1911, 1913.

Das Buch ist eine durch zahlreiche kleinere Zusätze erweiterte Übersetzung von Drudes trefflichem Lehrbuch der Optik. Die Figuren sind fast durchweg neu gezeichnet, die dabei nicht seltenen Abweichungen von den Vorbildern nicht immer vorteilhaft. Vielfach ist die Stoffanordnung in den Kapiteln geändert. Im allgemeinen macht der Bearbeiter geringere Voraussetzungen hinsichtlich der Bekanntschaft des Lesers mit Experiment und Theorie als Drude, sehr vielfach geht er auch mehr auf Einzelheiten ein. So ist die Linsenoptik in engerer Fühlung mit der Optotechnik, ferner ist die Zahl der beschriebenen optischen Instrumente bedeutend größer, und aus den Bemerkungen Drudes zu Prisma und Gitter ist ein umfangreiches Kapitel über spektrographische Methoden geworden. Übrigens ist hierbei Drudes Versehen, daß er das Konkavgitter als zylindrisch beschreibt (in Wirklichkeit ist es sphärisch), stehen geblieben.

Das Buch wird durch seine breitere Darstellung gewiß für manchen leichter durchzuarbeiten sein als das Drudesche und sicher zahlreiche Freunde finden. Die Frische, mit der das Original wirkt, kann man selbstverständlich nicht erwarten, da zwei Stimmen fast auf jeder Seite ein paarmal sich abwechseln.

W. Vn.

Lehrbuch der Optik. Von Paul Drude. Dritte erweiterte Auflage, herausgegeben von E. Gehrcke. XVI u. 548 Seiten, 112 Abbildungen. Leipzig, S. Hirzel 1912.

Die Freunde des bewährten Buches werden dem Herausgeber Dank dafür wissen, daß er sich auf sehr wenige Zusätze beschränkt hat in der ganz richtigen Erkenntnis,

daß einem Buch wie dem Drudeschen gerade das Durchklingen der persönlichen Note den besonderen Reiz verleiht.

In einem Zusatz zum letzten Kapitel, benannt photochemische Vorgänge in Gasen, werden interessante Forschungen von Warburg besprochen. In einem Zusatz zur Optik der bewegten Körper bringt der Herausgeber einen Abriß der Stokesschen Theorie sowie einige von ihm aus ihr gezogene Folgerungen und wehrt in reichlich scharfen Worten die Relativtheorie ab.

Die Zahl der Quellennachweise ist beträchtlich vermehrt worden. *W. Vn.*

Lehrbuch der Physik für Realschulen. Von E. Grimsehl, Direktor der Oberrealschule auf der Uhlenhorst in Hamburg. Mit 438 Textfiguren und einer farbigen Tafel. Zweite verbesserte Auflage. Leipzig und Berlin, B. G. Teubner, 1913. 298 S. M 2,60.

Die neue Auflage besitzt die bei Besprechung der ersten Auflage erwähnten Vorzüge in erhöhtem Maße. In der Mechanik sind einige Abschnitte, wie die über Bewegung, Kraft und Masse, Trägheit, erweitert bzw. umgearbeitet worden; bei dem Gesetz der schiefen Ebene ist die den älteren Realschülern durchaus verständliche trigonometrische Formulierung eingeführt. In den übrigen Gebieten sind mehrere wichtige technische Anwendungen neu hinzugefügt: Die lenkbaren Luftschiffe und Flugmaschinen, der Benzinmotor, elektrische Kraftanlage und Kraftübertragung, Funkentelegraphie. Die Wärmelehre ist im Verhältnis zu den übrigen Gebieten immer noch sehr knapp behandelt; eine kurze Übersicht über die meteorologischen Erscheinungen, die in jeder Realschule besprochen zu werden pflegen, wäre für die nächste Auflage wohl zu wünschen. Vielleicht könnten dafür die Abschnitte über Elektrolyse, die in dieser Ausführlichkeit doch nur in der Chemiestunde behandelt werden kann, etwas gekürzt werden. *Schk.*

Theorie und Praxis der Maßanalyse. Von Alexander Classen unter Mitwirkung von H. Cloeren. Mit 46 Abbild. im Text. Leipzig 1912. Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H. X und 772 S. Preis brosch. M 30,—, geb. M 32,—.

Classen hat jahrelang den „alten Mohr“, das klassische Titrierbuch zweier Generationen, herausgegeben. Als aber die Dissoziationstheorie die analytische Chemie und nicht zum wenigsten die Titrimetrie immer mehr durchdrang, wurde es allmählich eine zu undankbare Aufgabe, den neuen Most in die alten Schläuche zu füllen, und Classen machte sich mit seinem bewährten analytischen Mitarbeiter Cloeren daran, ein neues Buch auf neuer Grundlage zu schreiben.

Die modernen Theorien sind von vornherein zur Erklärung benutzt, wenn auch mitunter mit einer gewissen Umständlichkeit, man möchte fast sagen Zaghaftigkeit. Neuere Methoden, soweit sie lebenskräftig sind und namentlich technisches Interesse haben, sind ausführlich und mit der dem alten Praktiker eigenen Kritik behandelt. Der analytische Teil ist, wie es dem Referenten scheint, entsprechend Classens Erfahrung als Forscher und Lehrer ausgezeichnet und fast lückenlos. Der theoretische Teil will dem Ref. nicht überall gefallen.

Ist es nötig, bei der Erklärung des Begriffs „Avidität“ einer Säure bis auf die alten Versuche von Jul. Thomsen über die Verteilung einer ungenügenden Menge Base zwischen zwei Säuren zurückzugehn? (S. 120). Die bei Fortschaffung der Ionen vollständige Dissoziation eines Elektrolyten müßte zu Anfang hervorgehoben werden; sonst macht sich ein Anfänger nach dem S. 12 und 13 Gesagten kein scharfes Bild von dem Mechanismus einer Fällungsreaktion und ihrer praktischen Vollständigkeit. Die Tabelle für die Dichten des Wassers bei verschiedenen Temperaturen (nach Rossetti 1869) wäre besser durch eine neuere zu ersetzen und durch eine andere zu ergänzen, nach der man das Auswägen von Meßgefäßen bequem bewerkstelligen kann; im Kohlrausch u. a. a. O. sind solche handliche Tabellen, die man im Betrieb oft und mit Vorteil benutzt, zu finden. Da die praktisch kaum angewendete elektrometrische Titration auf S. 176 erwähnt ist, hätte auch die bequemere, wirklich benutzte Titration mittels des Leitvermögens (Dutoit) behandelt werden müssen. Bedauerlicherweise wird auch in diesem modernen Buch das willkürliche „Mohrsche Liter“ noch ausführlich besprochen und als existenzberechtigt angesehen.

Das Buch besitzt sonst viele Vorzüge, von denen noch die knappen und klaren geschichtlichen Bemerkungen, die guten, kurzen Kritiken der Methoden, anregende Schreibweise und ein ausgezeichnetes Register genannt sein mögen. Doch fürchtet der Referent, daß einer große Verbreitung des Buches der sehr hohe Preis im Wege stehen wird. *W. Roth-Greifswald.*

Die heterogenen Gleichgewichte vom Standpunkt der Phasenregel von Dr. H. W. Bakhuis Roozeboom, weiland Professor an der Universität Amsterdam. Drittes Heft. Die ternären Gleichgewichte. Zweiter Teil. Systeme mit zwei und mehr Flüssigkeiten ohne Mischkristalle und ohne Dampf. Von Dr. F. A. H. Schreinemakers, Professor an der Universität Leiden. (Deutsch von Dr. J. J. B. Deuss.) Mit 148 in den Text eingedruckten Abbildungen. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1913. XII u. 348 S. Geheftet M 11,—.

Das vorige Heft ist 1911 (diese Zeitschr. *XXIV*, *256*) angezeigt worden. Das Material, das der Verf. behandelt, wird immer schwieriger, da Entmischung in mehrere flüssige Schichten, chemische Umsetzungen, Schmelz- und Erstarrungserscheinungen mit ihren metastabilen Zuständen in vermehrtem Grade auftreten können[1]). Dementsprechend wird die hauptsächlich vom Verf. ausgearbeitete graphische Darstellung immer komplizierter. Es wird genügen, wenn hervorgehoben wird, daß der Verf. auch durch das scheinbare Wirrsal von Einzelerscheinungen ein sicherer Führer bleibt. *W. Roth-Greifswald.*

Lehrbuch der Thermodynamik in ihrer Anwendung auf das Gleichgewicht von Systemen mit gasförmig-flüssigen Phasen nach Vorlesungen von Dr. J. D. v. d. Waals, Prof. an der Universität Amsterdam, bearbeitet von Dr. Ph. Kohnstamm. Erster Teil. Mit 75 Fig. Leipzig, Amsterdam, Maas & van Suchtelen, 1908. XII + 288 S., geb. M 12,—. Zweiter Teil. Mit 205 Fig. im Text. Leipzig, J. A. Barth, 1912. XVI + 646 S., geb. M 24,—.

Man darf bei diesem Lehrbuch der Thermodynamik nicht an unsere umfassenden und allseitig ausgeglichenen Werke denken, von denen das klassische Beispiel Plancks Buch ist. Man kann das vorliegende Buch eher als eine umfassende mathematische Ergänzung des oben besprochenen Werkes von Roozeboom-Schreinemakers betrachten, auf thermodynamisch-kinetischer Grundlage. Ohne die Anwendung kinetischer Betrachtungen, namentlich ohne eine auf kinetischer Basis erwachsene Zustandsgleichung ist die Thermodynamik nach des Verf. Meinung unfruchtbar und auf ideale Gase und Lösungen, d. h. auf ganz verdünnte Systeme, beschränkt.

Das Buch trägt deutlich die Zeichen der holländischen Schule an sich: ausgiebige Anwendung von komplizierten Diagrammen, speziell Gleichgewichtsoberflächen, und liebevolle Behandlung der mit den drei Parametern Volumen, Druck und Temperatur zusammenhängenden Veränderungen (der „thermischen" Größen, wie der Verf. sie im Gegensatz zu den „kalorischen" Größen Energie und Entropie nennt).

Das Buch verarbeitet alle einschlägigen Probleme kurz und pointiert, mit häufiger Polemik gegen die Vertreter anderer Schulen, wie Nernst, Planck und Wegscheider. Im zweiten Teil, der sich hauptsächlich mit Zweistoffsystemen beschäftigt, mußten, um die mathematische Behandlung nicht noch komplizierter und undurchsichtig zu machen, gewisse Vereinfachungen in bezug auf die van der Waalssche Zustandsgleichung eingeführt werden.

Der Inhalt der Bände ist aus den Titeln der Abschnitte wohl genügend zu ersehn. Erster Band: I. Der erste Hauptsatz und seine Anwendungen: II. Der zweite Hauptsatz und seine Anwendungen; III. Das allgemeine Gleichgewichtsprinzip und seine Anwendungen; IV. Thermodynamische Theorie der Kapillarität. Zweiter Band: I. Gesetzmäßigkeiten, die unabhängig sind von der speziellen Form der Zustandsgleichung des Systems; II. Analytische Betrachtung der Gleichgewichtsbedingungen; III. Geometrische Betrachtungen der Gleichgewichtsbedingungen. Eigenschaften der Gemische im kritischen Gebiet; IV. Systeme mit zwei flüssigen Phasen; V. Koexistenzen mit festen Phasen; VI. Systeme unter der Einwirkung äußerer und chemischer Kräfte.

W. Roth-Greifswald.

Die Chemie der Radio-Elemente. Von Frederick Soddy. Deutsch von Max Iklé. Leipzig, J. A. Barth, 1912. 178 S., M 4,—, in Lwd. geb. M 4,80.

Den meisten früheren Publikationen über Radioaktivität stand man mit dem Gefühl gegenüber, daß sie binnen kurzem doch wieder überholt sein würden. Jetzt liegen aber bereits so viel bestimmte Forschungsresultate vor, daß man nicht nur berechtigt

[1]) Zur Kennzeichnung sei ein Beispiel herausgegriffen. In dem System Wasser, Alkohol, Kaliumhydroxyd tritt neben Entmischung in zwei flüssige Schichten das Auskristallisieren von $KOH + 2\,H_2O$, die Bildung von Alkoholat, das Ausfallen von Alkoholat mit Kristallalkohol ein, wenn man nur die bei 30° auftretenden Erscheinungen berücksichtigt. Erweitert man das Temperaturgebiet, so komplizieren sich die Verhältnisse noch mehr.

ist, von einem besonderen Gebiete der Chemie, der Radiochemie, zu sprechen, sondern daß auch eine erneute Zusammenfassung als erwünscht bezeichnet werden muß. In ausgezeichneter Übersetzung werden hier diese Ergebnisse von einem Meister der radioaktiven Forschung zusammengestellt. Das erste Kapitel „Allgemeine Darstellung der Radioaktivität" gibt eine sehr klare Charakteristik des Wesens der radioaktiven Stoffe bzw. Elemente, die die bisherige große Lücke bei den Elementen mit größtem Atomgewicht, nämlich zwischen Uran (238,5) nebst Thor (232,4) einerseits und Wismut (208,0) nebst Blei (207,1) andrerseits, in Gestalt von etwa 30 neuen Elementen ausfüllen. Weiterhin werden die radioaktiven Konstanten, die mittlere Lebensdauer, die Einteilung und Nomenklatur der Radioelemente behandelt. Den Hauptteil bildet die spezielle Besprechung der einzelnen Radioelemente, indem bei jedem einzelnen ein sehr zweckentsprechendes Schema gewisser Konstanten vorangestellt ist. Das Buch ist auch im Interesse des chemischen Unterrichts, der an dem bedeutungsvollen Gebiet der Radiochemie nicht mehr ganz achtlos vorübergehen darf, warm zu empfehlen. *O. Ohmann.*

Josef Maria Eder, Ausführliches Handbuch der Photographie, Bd. 1, Teil 3. Die Photographie bei künstlichem Licht, Spektrumphotographie, Aktinometrie und die chemischen Wirkungen des farbigen Lichtes. Dritte, gänzlich umgearbeitete und vermehrte Auflage. VIII und 676 Seiten. Mit 409 Abb. u. 10 Tafeln. Halle a. S., Wilhelm Knopp, 1912. M 28,—, geb. M 29,50.

Gegen die letzte Auflage ist dieser Abschnitt des allgemein geschätzten Werkes sehr erweitert und völlig umgearbeitet. Zahlreiche in der Zwischenzeit veröffentlichte Untersuchungen über die behandelten Gebiete, nicht zum wenigsten solche von Eder selbst, gaben dazu den Anlaß. Die Spektralanalyse und Spektrographie ist auf 70 Seiten mit vergleichender Besprechung der erforderlichen Apparate und Abbildungen der mit ihnen aufgenommenen Spektren behandelt. Die Photometrie der chemisch wirksamen Strahlen mit optischen und chemischen Mitteln, die Empfindlichkeitsmessung photographischer Schichten und die Expositionsmesser nehmen 170 Seiten ein. Das farbige Licht, seine Wirkung auf verschiedene lichtempfindliche Verbindungen, die farbigen und farblosen Medien und die klimatischen und meteorologischen Beziehungen zu Licht und Farbe füllen 160 Seiten. Den künstlichen Lichtquellen der allerverschiedensten Art und den Hilfsapparaten für Blitzlicht ist der Rest des Bandes gewidmet. Ausführliche Register erleichtern das Nachschlagen. Zahlreiche Literaturhinweise ergänzen die Darstellung, die an und für sich schon sehr eingehend ist und die Probleme von allen Seiten beleuchtet. *W. Vn.*

Der Kautschuk. Eine kolloidchemische Monographie. Von Dr. Rudolf Ditmar in Graz. Mit 21 Figuren im Text und auf einer Tafel. Berlin, Julius Springer, 1912. VII und 140 S. M 6,—; geb. M 6,80.

Das Buch des durch seine Schriften über Chemie und Technik des Kautschuks bekannten Verfassers behandelt den interessanten Stoff den neueren Anschauungen entsprechend vom Standpunkte der Kolloidchemie aus. Die Erörterungen beziehen sich teils auf rein theoretische Fragen wie Größe und Struktur der Kautschukmolekel oder Adsorption und Diffusion von Gasen durch Kautschuk, teils auch auf Aufgaben und Beobachtungen der Technik wie das Vulkanisieren und Regenerieren des Stoffes, sein Leimigwerden, seine Selbstentzündung und Ähnliches. Worauf sich aber auch die Betrachtungen beziehen mögen, immer ist ihr Zweck die wissenschaftliche Erklärung, und nur anhangsweise erfahren wir einiges von den technischen Methoden. So hören wir beispielsweise nicht im einzelnen, wie Gummischwämme hergestellt werden, aber wir lernen die hierzu dienende Mischung als ein „mehrphasiges Dispersoid" kennen, das aus zehn festen und sechs flüssigen Phasen besteht. Übrigens muß der Verf. zugestehen, daß, so Bedeutsames auch die Kolloidchemie uns bereits gebracht hat, noch sehr viele Erscheinungen, die der Kautschuk bietet, gänzlich unerklärt sind und daß das Auffinden praktisch brauchbarer Mischungen rein empirisch geschieht. Die letzten Abschnitte des Buches sind besonders lehrreich; sie zeigen nämlich, daß der Kautschuk wie alle Kolloide stets ein unstabiles System vorstellt und daher eine Alterskurve besitzt, weshalb die Gutachten der Prüfungsämter nur einen sehr zweifelhaften Wert haben. Daß vom synthetischen Kautschuk nur beiläufig gesprochen wird, wird mancher Leser bedauern; doch hängt dies mit dem Zwecke des Buches zusammen, das am „typischsten aller Kolloide" eine höchst sachkundige Einführung in ein neues und sehr wichtiges Spezialgebiet der Chemie bietet. *J. Schiff.*

Anorganische Chemie für die Oberstufe der Realschulen. Von Prof. Dr. B. König in Göding und Prof. Dr. J. Matuschek in Wien. Mit 130 Abbildungen und 1 Tafel. Wien, Pichlers Ww. und Sohn, 1913. 261 Seiten. Geb. 3 Kr. 50 h.

Das kennzeichnende Merkmal des Buches ist die ungewöhnlich starke Berücksichtigung des historischen Moments. Es sind nicht nur bei den einzelnen Elementen des im großen und ganzen systematisch angelegten Lehrganges historische Einführungen gegeben und sonstige historische Angaben gemacht, sondern es wurden auch umfangreiche Lesestücke in den Lehrgang eingeflochten. Daß hierbei französische nicht ausgelassen werden dürfen, ist selbstverständlich; hier aber überwiegen diese in französischer Sprache mitgeteilten Abschnitte doch etwas zu reichlich. Beispielsweise könnten die, ganze 5 Seiten umfassenden Ausführungen Moissans über den elektrischen Ofen auf einen kleinen Abschnitt gekürzt werden. Abgesehen von solchen gelegentlichen Übertreibungen ist aber diese ganze historische Durchdringung des Lehrstoffes durchaus lobend anzuerkennen.

Das Buch ist für die Oberstufe der österreichischen Realschulen bestimmt. Wieviel auf der Unterstufe erledigt ist, warum bei verschiedenen Punkten, z. B. beim Gesetz der Verbindungsgewichte, oder bei der Gewichtszunahme beim Verbrennen wieder ab ovo angefangen wird, über dieses und noch vieles andere, das zur Begründung der Anlage des ganzes Buches wissenswert wäre, erfährt man nichts, da den österreichischen Lehrbüchern nach einer amtlichen Bestimmung, deren Beseitigung dringend zu wünschen ist, Vorworte nicht beigegeben werden dürfen. Den Lehrgang im einzelnen kritisch durchzugehen, würde hier zu weit führen. Manche Ableitung könnte besser begründet, mancher Gedankengang schärfer gefaßt sein. Den Mol.-Begriff haben wir vergeblich gesucht, das Wort Lösung steht nicht im Sachverzeichnis. Dafür werden hier wiederum andere, sonst weniger gehörte, vielfach mehr zum Gemüt sprechende Saiten angeschlagen; und wir glauben, daß auch in dieser Weise das Interesse an der Chemie geweckt und rege erhalten werden kann. Kurz, diese „Anorganische Chemie“ ist ein mit Lust und Liebe verfaßtes und mit eigenartigen Momenten durchsetztes Buch. *O. Ohmann.*

Programm-Abhandlungen.

Die Einführung und Durchführung der in den Unterrichtsgang eingefügten chemischen und physikalischen Schülerübungen auf allen Klassen des Johanneums in den Jahren 1906 bis 1913. Von Prof. Dr. W. Brüsch. Lübeck, Städt. R.-G., Ostern 1913. 64 S. Pr.-Nr. 1023.

Die Abhandlung ist besonders wertvoll als Beispiel eines durch alle in Betracht kommenden Klassen durchgeführten, mit Schülerübungen durchsetzten Unterrichts in Chemie und Physik. Sehr beachtenswert sind die ausführlichen Angaben über Einrichtung und Ausstattung der Arbeitsplätze, sowie über die mit sehr mäßigen Mitteln beschafften Arbeitsgeräte und über den in den Übungen verarbeiteten Stoff. Man vgl. auch den Bericht in diesem Heft S. 382.

Aus der Praxis des physikalischen Kombinationsunterrichts. Von Dr. F. Dannmeyer. Staatliches Lyzeum an der Hansastraße in Hamburg. Ostern 1913. 24 S. mit 12 Abb. und 2 Tafeln.

Der Verfasser tritt ebenso wie W. Brüsch für durchgängige Kombination der Schülerübungen mit dem Demonstrationsunterricht innerhalb der lehrplanmäßigen Stunden ein. Er gibt ein überaus frisch geschriebenes Bild seines Physikunterrichts, und zeigt sich dabei durchaus verständnisvoll für das, was die Schülerinnen nötig haben und im Physikunterricht lernen sollen. Er steht dem heuristischen Prinzip, wie es neuerdings öfter gehandhabt wird, sehr skeptisch gegenüber, bezeichnet dagegen die Messungen als das beste für die Mädchen. Auch eine Schülerinnenwerkstatt hält er für sehr empfehlenswert und hat in seiner Anstalt eine solche eingerichtet. Er stellt aus einigen Gebieten die von ihm erprobten Schülerübungen („Eigenübungen“) zusammen und fordert, daß die Übungen der Schülerinnen schriftlich ausgearbeitet werden, erst später läßt er abgekürzte schriftliche Arbeitsberichte zu. Überdies beginnt er jede Stunde mit dem freien mündlichen Bericht einer der Schülerinnen. Die beigegebenen Tafeln zeigen Schülerinnen bei der Arbeit im Übungsraum und in der Schulwerkstätte. Der Hörsaal ist mit Arbeitstischen versehen, so daß er gleichzeitig als Arbeitssaal dienen kann. *P.*

Korrespondenz.

Wilhelm Holtz †. Am 27. September dieses Jahres starb hochbetagt zu Greifswald Professor Wilhelm Holtz, der auch den Lesern dieser Zeitschrift durch eine Reihe wertvoller Beiträge bekannt geworden ist. Er wurde am 15. Oktober 1836 als Sohn eines Gutsbesitzers bei Barth in Vorpommern geboren. Seine berühmteste Erfindung, die Influenzmaschine, hat er 1865 zum ersten Male in Poggendorffs Annalen der Physik und Chemie veröffentlicht. Seit 1883 war er Extraordinarius an der Greifswalder Universität. Die Titel einer großen Zahl wissenschaftlicher Arbeiten findet man in Poggendorffs biogr. liter. Handwörterbuch Bd. III zusammengestellt.

Zur Regenbogentheorie. Läßt man auf eine wassergefüllte Tyndallsche Trommel (z. B. nach Stroman) ein breites Lichtband fallen, so beobachtet man ein Spektrum mit daneben gelagerten Farbenbändern. Kann man diese Farbenbänder als Analogie der überzähligen Farbenstreifen des Regenbogens ansehen und demgemäß im Unterricht verwerten?

Antwort: Experimentiert man mit einem großen Wasserzylinder und einem schmalen Lichtstrahl in der Richtung der kleinsten Ablenkung, so erhält man den Descartesschen Regenbogen. Nimmt man ein breites Lichtbündel, so sieht man, daß dieser Regenbogen die Grenze des abgelenkten Lichtes bildet und daß auf seiner violetten Seite sich breit weißliches Licht anschließt. Rotseits vom Regenbogen ist eine Wiederholung zu sehen, die darin ihren Grund hat, daß sowohl auf der Vorder- wie auf der Rückseite der Glaswand Reflexion eintritt. Ferner huschen, wenn man das Gefäß dreht, farbige Streifen über die Erscheinung. Daß diese nur von Unregelmäßigkeiten der Glaswand herrühren, erkennt man daran, daß sie keinen festen Platz haben, sondern beim Drehen des Gefäßes wandern.

Alle diese Erscheinungen haben mit den überzähligen Regenbogenstreifen, die nach der Airyschen Theorie (vgl. Pernter, diese Zeitschr. *XII, 338*) aus Beugungsvorgängen zu erklären sind, nichts zu tun. Diese treten nur bei einer gewissen mittleren Tropfengröße auf, bei staubfreien Tropfen nehmen sie überhand und verfärben durch ihre Überdeckung den ganzen Regenbogen zu weiß, bei großen Gewittertropfen dagegen sind sie fast unmerklich; vollends beim großen Wasserzylinder ist von diesen Wirkungen nichts mehr wahrnehmbar. *W. Vn.*

Erklärung.

In Heft 2 dieses Jahrgangs, S. 129, habe ich unter anderer neuerer Mädchenschulliteratur auch das Lehrbuch von L. Busemann einer Besprechung unterzogen, die nicht gerade anerkennend ausgefallen ist. Ich habe dort mehrere von mir beanstandete Stellen der Kürze halber nicht genau wörtlich angeführt; da aber der Verfasser sich dadurch benachteiligt fühlt und mir sogar Fälschung vorwirft, so bringe ich die fraglichen Stellen hier wörtlich zum Abdruck:

1. „Stellt man ein Gläschen mit Kalkwasser offen hin, so dauert es mehrere Tage, bis das Kalkwasser trübe wird." (III, 24.)
2. .... „Unsere Stützlage [beim Gehen und Laufen] ist unsicher [= labil]. Dieselbe unsichere Stützlage haben auch fast alle unsere Hausgeräte und das Haus selber." (III, 60).
3. „Beim Aufsteigen auf das Rad fällt man leicht um; denn der Schwerpunkt des Körpers muß genau über der Linie liegen, die die Unterstützungspunkte der beiden Räder miteinander verbindet. Wenn man aber erst fährt, fällt man nicht mehr so leicht. Dann will der Körper sich nach dem Beharrungsgesetze in der Ebene der beiden Räder weiterbewegen und widerstrebt dem Umfallen" [von mir gesperrt]. (III, 72).
4. Herr Busemann meint, ich hätte ihm S. 129b, Zeile 20 ff den Fehler der Verwechslung von Atom und Molekül untergeschoben. Ich erkläre hier, daß die betreffende Stelle vollständig lauten müßte: Später heißen dann die „Teilchen" plötzlich Atome bzw. Moleküle.

Ob diese ganze Berichtigung an der Sache etwas ändert, überlasse ich dem Urteil der Leser. *Bavink-Bielefeld.*

Zum Fall Kotte. In der Plagiatsache betr. das „Lehrbuch der Chemie und Mineralogie von Dr. E. Kotte, Dresden" (vgl. diese Zeitschr. *XXVI [1913], S. 267*), erhalten wir zwei weitere Zuschriften. Besonders gravierend sind die Ausführungen des Herrn Prof. P. Kunkel in M.-Gladbach unter Beigabe eines ganzen Heftes voll Parallelstellen. Danach läge auch in dem III. Teil jenes Lehr-

buches, in der „Organischen Chemie" von Dr. E. Kotte, ein umfangreiches Plagiat vor, verübt an dem Buch „Dr. J. Lorscheid Kurzer Grundriß der Organischen Chemie, 2. Aufl., vollständig neu bearbeitet von Prof. P. Kunkel". Ferner übermittelte uns aus dem in dieser Zeitschr. näher beleuchteten „Teil I, 2. Aufl., Einführung in die Chemie und Mineralogie, von Dr. E. Kotte", Herr Prof. Dr. F. Küspert in Nürnberg einige Parallelstellen, die ebenfalls mehr oder weniger wörtlich mit seinem „Lehrgang der Chemie und Mineralogie" übereinstimmen. Leider mangelt es in dieser Zeitschrift an Raum, um die bemerkenswerten Ausführungen zu veröffentlichen, doch hat in beiden Fällen das Material der Redaktion vorgelegen und ist von dieser als beweisend erachtet worden.

Himmelserscheinungen im Dezember 1913 und Januar 1914.

☿ Merkur, ♀ Venus, ☉ Sonne, ♂ Mars, ♃ Jupiter, ♄ Saturn, ☾ Mond, 0^h = Mitternacht.

	Dezember						Januar					
	3	8	13	18	23	28	2	7	12	17	22	27
☿ AR	15^h 24^m	15.34	15.54	16.19	16.48	17.19	17.51	18.25	18.59	19.34	20. 9	20.45
☿ D	— 16°	— 17	— 18	— 20	— 22	— 23	— 24	— 24	— 24	— 24	— 22	— 20
♀ AR	15^h 27^m	15.53	16.19	16.45	17.12	17.40	18. 7	18.34	19. 2	19.29	19.56	20 22
♀ D	— 18°	— 19	— 21	— 22	— 23	— 23	— 24	— 23	— 23	— 23	— 22	— 20
☉ AR	16^h 37^m	16.59	17.21	17.43	18. 5	18.27	18.49	19.11	19.33	19.54	20.15	20.36
☉ D	— 22,1°	— 22,7	— 23,1	— 23,4	— 23,4	— 23,3	— 23,0	— 22,4	— 21,7	— 20,9	— 19,8	— 18,6
♂ AR	7^h 47^m	7.44	7.40	7.34	7.28	7.20	7.11	7. 2	6.54	6.46	6.39	6.33
♂ D	+ 24°	+ 24	+ 25	+ 25	+ 26	+ 26	+ 26	+ 27	+ 27	+ 27	+ 27	+ 27
♃ AR	19^h 22^m		19.31		19.40		19.50		20. 0		20.10	
♃ D	— 22°		— 22		— 22		— 21		— 21		— 20	
♄ AR	4^h 56^m						4.46					
♄ D	+ 21°						+ 21					
☉ Aufg.	7^h 52^m	7.59	8. 5	8. 9	8.12	8.13	8.13	8.12	8. 9	8. 5	8. 0	7.53
☉ Unterg.	15^h 47^m	15.44	15.44	15.44	15.46	15.50	15.55	16. 1	16. 8	16.15	16.24	16.33
☾ Aufg.	12^h 21^m	13.10	14.58	21.32	3.20	9.34	10.58	11.53	16.13	23.39	5.29	8.44
☾ Unterg.	21^h 17^m	2. 5	8.25	11.28	12.29	16.13	22.38	3.29	8.48	10.11	11.53	17.53
Sternzeit im mittl. Mittg.	16^h 46^m 41^s	17.6.24	17.26. 7	17.45.50	18. 5.32	18.25.15	18.44.58	19. 4.41	19.24.24	19.44. 6	20. 3.49	20.23.32
Zeitgl.	— 10^m 15^s	— 8.10	— 5.54	— 3.29	— 1. 0	+ 1.29	+ 3.54	+ 6.11	+ 8.15	+ 10. 4	+ 11.36	+ 12.49

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.

Wintersanfang am 22. Dezember, 11^h 35^m M.E.Z.

Mittlere Schiefe der Ekliptik für 1914: 23° 27′ 1,4″.

Mondphasen in M.E.Z.	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
		Dez. 5, 15^h 59^m	Dez. 13, 16^h 1^m	Dez. 20, 17^h 16^m
	Dez. 27, 15^h 59^m	Jan. 4, 14^h 9^m	Jan. 12, 6^h 9^m	Jan. 19, 1^h 30^m
	Jan. 26, 7^h 34^m			

Planetensichtbarkeit	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn
im Dezember	in der ersten Monatshälfte morgens bis 3/4 Stunden lang sichtbar, gegen Ende des Monats wieder unsichtbar	die Sichtbarkeitsdauer des Morgensterns nimmt schnell ab	die ganze Nacht hindurch sichtbar	wird Ende des Monats unsichtbar	die ganze Nacht hindurch sichtbar; Opposition am 7.
im Januar	unsichtbar	unsichtbar	wie im Dezember; Opposition am 5.	unsichtbar; Konjunktion am 20.	noch fast die ganze Nacht hindurch sichtbar

F. Koerber.

Namen-Verzeichnis.

Bei Original-Beiträgen sind die Namen der Verfasser gesperrt gedruckt.

Sach-Verzeichnis.

Bei Original-Beiträgen sind die Namen der Verfasser gesperrt gedruckt.

Verlag von Julius Springer in Berlin W. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.